

ESTUDIO DEL TRABAJO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EQUIPOS
DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL EN LA EMPRESA E.P.I. S.A.S.

JHON MARIO CRUZ VALENCIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2015

ESTUDIO DEL TRABAJO EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EQUIPOS
DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL EN LA EMPRESA E.P.I. S.A.S.

JHON MARIO CRUZ VALENCIA

Pasantía institucional para optar el título de
Ingeniero Industrial

Director
ALEJANDRO SILVA PERDOMO
Ingeniero Industrial, M.A.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2015

Nota de aceptación:

Aprobado por el comité de grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero industrial.

Alejandro Silva Perdomo

Director

Giovanni de Jesús Arias Castro

Jurado

Santiago de Cali, 25 de marzo de 2015

AGRADECIMIENTOS

Este logro ha sido posible gracias al esfuerzo y dedicación de un equipo de trabajo conformado por quienes compartieron conmigo esta etapa de mi vida y me dieron entereza para afrontar este proyecto.

En primer lugar, le doy gracias a Dios por todas las oportunidades que nos brinda cada día y agradezco a mi madre por su apoyo incondicional, por enseñarme con el ejemplo el significado de la responsabilidad; a mi padre, quien me apoyó durante toda mi carrera universitaria; de la misma manera agradezco a mis hermanos, profesores, compañeros y amigos que hicieron parte de este camino.

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	14
RESUMEN	16
INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	18
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
2. JUSTIFICACIÓN	21
3. OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVOS	23
3.2 OBJETIVOS	23
4 ANTECEDENTES	24
5 MARCO TEÓRICO	28
5.1 ESTUDIO DEL TRABAJO	28
5.1.1 Estudio de métodos	28
5.1.2 Diagrama de flujo de proceso	29
5.1.2.1 Simbología	29
5.1.3 Estudio de tiempos	31

5.1.3.1 Equipo utilizado para la medición de tiempos	31
5.1.3.2 División de la operación en elementos	32
5.1.4 Tiempo estándar	32
5.1.4.1 Procedimiento para obtener el tiempo estándar	33
5.1.5 Balance de líneas de producción	34
5.1.5.1 Número de operadores para la línea	34
5.1.5.2 Número de estaciones de trabajo	35
5.1.6 Diagrama de precedencia	35
5.2 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	35
5.2.1 Procedimiento de diseño de una nueva distribución	36
5.2.2 Tipos de distribución	36
5.2.2.1 Distribución por producto	36
5.2.2.2 Distribución por proceso	37
5.2.2.3 Distribución de posición fija	37
5.2.2.4 Distribución híbrida (<i>Células de trabajo</i>)	37
5.3 SMED	37
5.4 TPM	38
5.5 GESTIÓN VISUAL	39
6. MARCO CONCEPTUAL	41
6.1 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PARA TRABAJO EN ALTURAS	41
6.1.1 Anclaje	41
6.1.2 Arnés de cuerpo completo	41

6.1.3 Eslinga de protección contra caídas	41
6.1.4 Líneas de vida verticales	41
7. DESARROLLO DEL ESTUDIO DEL TRABAJO EN EPI	42
7.1 ANÁLISIS DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA PLANTA	42
7.1.1 Análisis de las líneas de producción	43
7.1.2 Proyección de producción	44
7.1.3 Análisis de Pareto	45
7.1.4 Estructura de los productos	48
7.1.5 Diagrama de procesos	50
7.1.5.1 Proceso de producción del arnés	52
7.1.5.2 Proceso de producción de la eslinga	52
7.1.5.3 Proceso de producción de la línea de vida	52
7.1.5.4 Proceso de producción del anclaje	53
7.2 ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS	57
7.2.1 Toma de tiempos	58
7.2.2 Cálculo del tiempo normal	61
7.2.3 Diagrama de flujo	64
7.2.4 Cálculo del tiempo estándar	66
7.2.5 Descripción de las estaciones de trabajo	69
7.2.6 Descripción del método recomendado	74
7.2.6.1 SMED	75
7.2.6.2 TPM	77
7.2.6.3 Gestión visual	78

7.2.7 Aplicación del método recomendado al proceso	80
7.2.7.1 Capacidad mejorada de las líneas	81
7.2.8 Diseño del puesto de trabajo	84
7.2.9 Balanceo de líneas	87
7.2.9.1 Número de operarios para la línea	87
7.2.9.2 Nivelación de cargas	87
7.2.9.3 Capacidad balanceada de las líneas	92
7.2.9.4 Mejoramiento del proceso	94
7.3 DISEÑO DE PLANTA	101
7.3.1 Descripción actual de la planta	101
7.3.2 Factores de distribución	103
7.3.2.1 Localización	103
7.3.2.2 Materiales	104
7.3.2.3 Maquinaria	105
7.3.2.4 Trabajadores	106
7.3.2.5 Movimientos	107
7.3.2.6 Inventarios	107
7.3.3 Propuesta de distribución de planta	111
8. CONCLUSIONES	113
9. RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	115
ANEXOS	119

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Símbolos de los diagramas de proceso	30
Cuadro 2. Ventas año 2013 Línea de Arneses	43
Cuadro 3. Participación en ventas de cada línea – Año 2013	44
Cuadro 4. Meta por producto	44
Cuadro 5. Porcentaje de ventas por referencia Línea de Arneses	46
Cuadro 6. Porcentaje de ventas por referencia Línea de Eslingas	46
Cuadro 7. Porcentaje de ventas por referencia Línea de Líneas de vida	46
Cuadro 8. Porcentaje de ventas por referencia Línea de Anclajes	47
Cuadro 9. Referencias tipo A	47
Cuadro 10. Descripción de las principales referencias de la planta CINAR	48
Cuadro 11. Materiales utilizados Referencia 50-12	50
Cuadro 12. Resumen de actividades del proceso de costura del arnés	55
Cuadro 13. Número recomendado de ciclos de observación	58
Cuadro 14. Estudio de tiempos preliminar	59
Cuadro 15. Estudio de tiempos parte pectoral 1,50 metros	60
Cuadro 16. Estudio de tiempos parte pectoral 1,92 metros	62
Cuadro 17. Estudio de tiempos parte pectoral y ensamble final	63
Cuadro 18. Diagrama de flujo de proceso del método actual	65
Cuadro 19. Estaciones de trabajo del método actual	70
Cuadro 20. Tiempo Estándar de producción de un arnés	71

Cuadro 21. Tiempo de inactividad de cada operario	71
Cuadro 22. Tiempo Estándar de producción de una eslinga	73
Cuadro 23. Tiempo Estándar de producción de anclajes	73
Cuadro 24. Tiempo Estándar de producción líneas de vida	74
Cuadro 25. Diagrama de flujo Método Recomendado	80
Cuadro 26. Tiempo Estándar de producción de un arnés método mejorado	81
Cuadro 27. Tiempo de inactividad de cada operario	82
Cuadro 28. Diagrama de proceso de grupo Línea de arneses	83
Cuadro 29. Tiempo Estándar de producción de una eslinga método mejorado	84
Cuadro 30. Precedencia del método propuesto	88
Cuadro 31. Máquinas por costura	89
Cuadro 32. Secuencia propuesta de las operaciones	90
Cuadro 33. Líneas de producción balanceadas	91
Cuadro 34. Mejoramiento productivo calculado con el balanceo	94
Cuadro 35. Utilidad en pesos del método actual	100
Cuadro 36. Utilidad en pesos del método mejorado	101
Cuadro 37. Requerimientos totales de materiales	104
Cuadro 38. Maquinaria requerida	105
Cuadro 39. Trabajadores requeridos para el funcionamiento de la planta	106
Cuadro 40. Espacio requerido para las estaciones de trabajo	107
Cuadro 41. Medidas para el almacenamiento	108
Cuadro 42. Dimensiones que requieren las estanterías	109
Cuadro 43. Dimensiones definitivas de las estanterías	109

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Equipos sin uso en la planta de producción CINAR	18
Figura 2. Planta de producción CINAR	19
Figura 3. Diagrama de Precedencia	35
Figura 4. Líneas de producción de la planta CINAR en la empresa EPI S.A.S	43
Figura 5. Tipos de costuras	53
Figura 6. Vista frontal del arnés y costuras	54
Figura 7. Vista posterior del arnés y costuras	54
Figura 8. Herrajes metálicos y hebillas plásticas	55
Figura 9. Cursograma sinóptico del proceso de fabricación del arnés	56
Figura 10. Reatas utilizadas en la fabricación del arnés (mm)	57
Figura 11. Partes del arnés 50-12	57
Figura 12. Instrumentos utilizados para el estudio de tiempos	59
Figura 13. Alistamiento y ensamble de la hebilla dorsal	60
Figura 14. Ensamble de la parte pectoral	61
Figura 15. Ensamble Final parte pélvica con parte pectoral	64
Figura 16. Gestión visual - Procedimiento de producción CINAR	79
Figura 17. Telar para absorbedores	84
Figura 18. Puesto actual	85
Figura 19. Propuesta de diseño del puesto de trabajo	86
Figura 20. Diagrama de precedencia	89
Figura 21. Sujetador de la máquina Keestar de cuerda (<i>Clamp</i>)	95

Figura 22. Tablero de programación máquina Zoje	96
Figura 23. Fotografía actual de la planta	102
Figura 24. Distribución actual de la planta CINAR – Vista superior	103
Figura 25. Almacenamiento de carretos de cuerda – Vista superior	108
Figura 26. Almacenamiento de reata y paquetes de bolsas para arnés – Vista superior	109
Figura 27. Estantería – Vista frontal	110
Figura 28. Almacenamiento de Reata cortada – Vista superior	110
Figura 29. Propuesta de distribución para la planta CINAR	111

ANEXOS

	pág.
Anexo A. Ventas año 2013 Línea de Eslingas	119
Anexo B. Ventas año 2013 Línea de Líneas de vida	119
Anexo C. Ventas año 2013 Línea de Anclajes	120
Anexo D. Materiales utilizados Referencia 50-23RA	120
Anexo E. Materiales utilizados Referencia 50-26	120
Anexo F. Materiales utilizados Referencia 50-104B	121
Anexo G. Cursograma sinóptico–Eslinga (Tiempo en segundos de cada operación)	121
Anexo H. Cursograma sinóptico –Línea de vida (Unidad de tempo: Segundos)	122
Anexo I. Cursograma sinóptico – Anclaje (Unidad de tiempo: Segundos)	122
Anexo J. Estudio de tiempos – Eslinga	123
Anexo K. Estudio de tiempos – Anclaje	123
Anexo L. Estudio de tiempos – Línea de vida	124
Anexo M. Estudio de tiempos – Línea de vida	125

GLOSARIO

CLAMP: elemento metálico ensamblado a la máquina de costura automática, que sujeta la reata o la cuerda a la mesa para que la costura programada se realice correctamente y con mayor precisión.

COSTURA PROGRAMADA: costura realizada con una máquina automática, mediante el uso de patrones programados.

ENSAMBLE MANUAL: operación de conectar o unir manualmente varias piezas para agregar valor al producto.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL: accesorios usados por el trabajador para protegerse de los riesgos que puedan amenazar su seguridad en el trabajo.

ETIQUETA: elemento adjunto al producto que da información de sus propiedades, usos y las normas de calidad por las que está regido.

FIBRA POLIÉSTER: fibra utilizada en la industria textil, obtenida mediante un proceso de polimerización a partir de productos químicos derivados del petróleo.

HEBILLAS: piezas metálicas o plásticas usadas para la sujeción y conexión de los equipos de protección personal.

HERRAJES: conjuntos de piezas de hierro con las que se refuerza la estructura de los equipos de protección personal.

INDICADOR DE IMPACTO: elemento ensamblado a los equipos de protección personal, que indica si estos han sido sometidos a caídas que puedan dañar los equipos.

MÁQUINA DE COSER INDUSTRIAL: máquina diseñada para realizar costura de alta gama, utilizada para coser materiales gruesos o productos duros, como la reata y la cuerda.

MÁQUINA PLANA INDUSTRIAL PROGRAMABLE: máquina automática de alta gama para costura pesada que cuenta con un tablero de programación.

PATINADOR: operario encargado de moverse entre los puestos de trabajo asistiendo a los operadores. Es el responsable de recibir la materia prima, trasladar el producto en proceso y entregar el producto terminado.

PATRÓN DE COSTURA: prototipo de costura con medidas estándar, usado como guía para la programación y realización de costuras.

PULIDO MANUAL DE REATA: operación de eliminar el hilo sobrante que ha quedado en un producto después de una costura. Este procedimiento se lleva a cabo con tijeras de pulir y encendedor.

REATA POLIÉSTER: cinta plana de gran resistencia fabricada con fibra poliéster utilizada para la fabricación de cinturones y arneses.

TABLERO ELECTRÓNICO: equipo asistido por computadora, en el cual se ingresan los patrones de costura y mediante el cual se envía la orden a la máquina de coser.

RESUMEN

Este proyecto ha sido realizado en la empresa Equipos de Protección Individual S.A.S. (E.P.I. S.A.S.), con el fin de plantear metodologías que generen un incremento en la productividad de su planta de producción de CINAR, cuyo nombre proviene de las sílabas iniciales de los productos allí fabricados: cinturones y arneses. Esta planta ha sufrido un estancamiento en su nivel de producción a pesar de que la demanda se ha incrementado; por tal razón, este proyecto se ha enfocado en el análisis de los métodos de trabajo actuales y en la exploración de herramientas de ingeniería, que al ser implementadas aporten al mejoramiento de los procesos para elevar el nivel de producción y de esa manera se satisfaga la demanda.

En CINAR se fabrican equipos de protección para trabajo en alturas; esta planta cuenta con cuatro líneas de productos: arneses, eslingas, anclajes y líneas de vida. En este proyecto se hizo un estudio de cada línea producción, partiendo de la clasificación de los productos de acuerdo a su participación en ventas para definir los productos más representativos de cada línea y realizar una proyección a partir de la demanda. Posteriormente, se llevó a cabo el estudio del trabajo, donde se evaluaron los métodos utilizados en los procesos productivos más importantes y se calcularon los tiempos estándar de producción. Simultáneamente, se elaboró la propuesta de implementación de metodologías de producción como SMED, TPM y gestión visual ajustadas al proceso estudiado. Con esto se dio paso a realizar el balanceo de la producción para nivelar las cargas de trabajo entre las estaciones y se definió el número de operarios y máquinas que se requieren en la planta para cumplir con la meta de producción proyectada.

Por último, se elaboró la propuesta de diseño de planta aplicando la ergonomía en el puesto de trabajo, el flujo continuo de los procesos y el manejo de los inventarios. La distribución establecida combina el método actual de distribución por producto con la distribución por procesos, mediante estaciones flexibles que pueden realizar cambios rápidos de un producto a otro sin contratiempos.

Al finalizar el estudio, se evalúa la capacidad de producción obtenida al realizar el balanceo de líneas y se observa que el nivel de producción cumple con la proyección establecida al implementar el método recomendado. Además, los tiempos estándar calculados son de gran ayuda para el control de la producción y el análisis de los requerimientos es una herramienta básica para la programación de la producción y el control de los inventarios; por tal motivo, la implementación de este proyecto será de gran aporte para la empresa y las metodologías propuestas pueden servir de modelos para toda la organización.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el cumplimiento de las normas de calidad se ha hecho indispensable para competir en un mercado globalizado, debido a las exigencias de certificaciones que tienen las empresas para ofrecer un producto que cumpla con los estándares exigidos, tanto por el cliente nacional como internacional. Este hecho se observa con claridad en el sector industrial, donde ha surgido la necesidad de ofrecer la máxima seguridad a los trabajadores para cumplir con los requisitos de calidad establecidos por ley, ofreciéndoles condiciones de trabajo con bajo riesgo de accidentalidad. En este caso se ha profundizado un nicho del mercado textil que ha incrementado su demanda por lo mencionado anteriormente, el sector de los equipos de protección personal.

En este proyecto se realizó un estudio de métodos en una empresa especializada en la fabricación de equipos de protección personal, llamada E.P.I. S.A.S., en la que se analizó el proceso de producción de los principales equipos para trabajo en alturas, ya que el incremento de la demanda de estos productos no ha sido acompañado por un aumento en la producción de la empresa, que ha incorporado maquinaria automatizada para mejorar su productividad; pero, no ha hecho un uso apropiado de los recursos adquiridos.

Para el análisis de la problemática mencionada se aplicaron diferentes métodos, como el estudio del trabajo, el balanceo de líneas y el diseño de la planta de producción. Para esto fue necesario efectuar las siguientes etapas: Inicialmente, se desarrolló un análisis de los procesos productivos realizados al interior de la planta. La segunda etapa se basó en un estudio del trabajo a los procesos de los principales productos elaborados por la empresa. Finalmente, se realizó una propuesta de distribución de la planta, donde se aplicó el balanceo de las líneas para su diseño. La finalidad de esta secuencia de métodos de estudio fue proponer una mejor utilización de los recursos.

En conclusión, los equipos de protección individual son bienes indispensables para el cumplimiento de las normas de calidad vigentes en el mercado. Por lo tanto, es importante el estudio que se realizó de tales productos en la empresa E.P.I. S.A.S., donde se analizó el desperdicio de los recursos utilizados en la producción, con el fin de desarrollar una propuesta de distribución de la planta que optimice la utilización de los equipos adquiridos que han sido desaprovechados anteriormente.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

En la actualidad, el país ha entrado en una etapa de cambios debido a la globalización y a los recientes tratados de libre comercio; por ende, se ha incrementado la importancia de la competitividad. En este caso, se va a profundizar en un mercado que ha surgido gracias a este fenómeno socio-económico: el sector de los equipos de protección individual para trabajo en alturas; el cual se ha convertido en un mercado muy competido y a su vez importante para el cumplimiento de normas de calidad surgidas en los últimos años, en especial para el sector de la construcción, ya que se han incrementado las obras en alturas por la expansión de las ciudades hacia las zonas rurales.

Este proyecto se realizará en E.P.I. S.A.S., una empresa dedicada a la fabricación de equipos para trabajo en alturas. Esta compañía tiene como objetivo ampliar su mercado; por lo cual está en la búsqueda de optimizar sus recursos para incrementar su productividad. Sin embargo, en la empresa no se llevan a cabo estudios del trabajo y se produce de una manera empírica, partiendo sólo de la experiencia del jefe de planta. En este momento la planta de producción de alturas tiene poca capacidad para satisfacer la demanda; esto impide el incremento de ingresos por ventas, ya que existe la posibilidad de no captar clientes potenciales al no estar en capacidad de responder a un pedido eficientemente. Es importante resaltar que en EPI no existe un estudio de la capacidad de los recursos de la planta; por lo tanto, es imposible saber si se está produciendo de manera eficiente. De la misma manera, se maneja una distribución inadecuada de dichos recursos, pues las materias primas no tienen un flujo continuo y existen *stocks* innecesarios, ocupando espacios, frenando la producción y por ende, perdiendo ventas, lo cual resulta inaceptable ya que en la planta hay máquinas en óptimas condiciones que se encuentran paradas constantemente.

Figura 1. Equipos sin uso en la planta de producción CINAR



Por otra parte, existe un desbalance entre las cargas de cada puesto de trabajo, ocasionando cuellos de botella en la producción y desaprovechamiento de los equipos disponibles; a su vez se observan problemas de comunicación entre las diferentes áreas que participan en el proceso productivo; esto genera demoras de los pedidos o entrega de pedidos incompletos, materias primas faltantes y lo más grave, sobrecostos de producción. En definitiva, se debe hacer énfasis fundamentalmente en el problema central del proyecto, el cual radica en el incumplimiento de la demanda debido a la ineficiencia en producción y al poco aprovechamiento de los recursos de la planta.

En conclusión, EPI es una empresa con gran capacidad en cuanto a sus recursos, pero debe implementar mejoras en sus procesos productivos para estar en condiciones de competir en el sector de equipos de protección para trabajo en alturas, debido a que este mercado ha tomado un gran impulso en los últimos años y han entrado competidores importantes. Por consiguiente, la compañía debe encontrar solución a sus falencias, las cuales se encuentran en los errores operacionales, la distribución de las tareas y la utilización de los recursos; ya que tiene una cantidad significativa de espacios y equipos desaprovechados en la planta.

Figura 2. Planta de producción CINAR



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo con lo descrito en el punto anterior, el objetivo de este proyecto es resolver la pregunta ¿Cómo se pueden mejorar los sistemas de producción en la planta CINAR, para incrementar la eficiencia de los procesos y satisfacer la demanda de equipos de protección individual? Para lograrlo, se deben responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué procesos se utilizan en la planta actualmente para la elaboración de los equipos de protección individual?
- ¿Cómo se pueden mejorar los métodos de trabajo al interior de la planta de producción?
- ¿Cómo se debe distribuir la planta para eliminar cuellos de botella y balancear las líneas de producción?

2. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surge de la necesidad de la empresa E.P.I. S.A.S. de lograr una mejor utilización de los equipos en la planta de producción CINAR, debido a la fuerte competencia del mercado actual, ya que empresas internacionales han entrado al mercado de los equipos de protección individual para trabajo en alturas y a su vez la competencia se ha fortalecido debido a las nuevas normas de seguridad, generando una necesidad al interior de la empresa de incrementar la productividad, disminuyendo los costos de fabricación y a su vez manteniendo el margen de contribución.

También es importante mencionar que esta empresa se encuentra estancada en el mismo nivel de producción, rechazando una gran cantidad de pedidos, con el 50% de los equipos sin funcionamiento, a pesar de que se hallan en buen estado y tienen amplia capacidad.

De acuerdo al enunciado anterior, la ejecución de este proyecto es de gran importancia para EPI y al mismo tiempo cuenta con otros beneficiarios, expuestos a continuación:

- **E.P.I. S.A.S.:** con la implementación de nuevos métodos de trabajo y una reestructuración del diseño de su planta de producción principal, EPI estará en condiciones de cumplir en un menor tiempo con los pedidos de sus clientes mediante la optimización de sus recursos, mejorando su *lead time* y expandiendo su mercado; por ende, el flujo de material y la producción serán más eficientes. Esto le permitirá disminuir costos de fabricación, mejorar el nivel de servicio y obtener mayores beneficios económicos.

- **Sociedad:** los equipos de protección individual son totalmente necesarios para cumplir las normas de seguridad y para proteger la vida de personas que trabajan en alturas, las cuales se encuentran expuestas a posibles caídas que resultan letales si no se usan los equipos de protección. Por lo tanto, un incremento de la producción de estos equipos en una empresa con altos estándares de calidad, genera un incremento de la seguridad en los trabajos en alturas realizados en Colombia y en países vecinos, mejorando la calidad de vida de las personas dedicadas a este tipo de labores y dándoles la protección necesaria para estos trabajos de alto riesgo.

- **Trabajadores:** la inclusión de nuevos métodos, el rediseño de los puestos de trabajo y la redistribución de los recursos de la planta optimizarán el ambiente laboral en la planta CINAR, mejorando las condiciones ergonómicas y eliminando tareas repetitivas, esfuerzos innecesarios y reprocesos. De esta manera los trabajadores de la planta de producción tendrán un entorno de trabajo con mejores condiciones, con los equipos ubicados de manera estratégica para eliminar largos recorridos innecesarios; también se diseñará un puesto de trabajo más ergonómico para hacer el trabajo más eficiente y para mejorar la calidad del proceso productivo.

- **Estudiante:** la ejecución del proyecto empresarial abordado favorecerá al estudiante en su proceso de formación como ingeniero industrial, ya que deberá reunir los conocimientos adquiridos a lo largo de su carrera para la búsqueda de la solución a un problema de producción existente. Así mismo, el estudiante se basará en teorías de diferentes materias para encontrar soluciones dentro de la empresa, lo que le permitirá afrontar un problema real y fortalecerá sus capacidades, complementando los conocimientos teóricos con la experiencia práctica.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer mejoras en el sistema de producción de la planta CINAR, basadas en el estudio del trabajo y el rediseño de la planta, con la finalidad de incrementar la eficiencia de los procesos productivos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar y describir los procesos utilizados en la planta para la elaboración de los principales productos de protección individual.
- Desarrollar un estudio de métodos y tiempos para el análisis y balanceo de las líneas de producción abarcadas.
- Diseñar una distribución de la planta que permita el flujo continuo de los procesos productivos, donde se eliminen las restricciones de la distribución actual que limitan la capacidad de la planta.

4. ANTECEDENTES

En el mundo actual, existen importantes avances en las técnicas empleadas para llevar a cabo todo tipo de procesos productivos debido a la globalización de los mercados y al desarrollo tecnológico y logístico generado en la industria. Por ende, han trascendido ciertas técnicas, como el estudio del trabajo, el *outsourcing*, el balanceo de líneas y la distribución adecuada de los recursos; estas metodologías de trabajo han sido motivo de estudios e investigaciones desde diferentes perspectivas en los últimos años. En este caso, se llevó a cabo una búsqueda en las bases de datos de la Universidad Autónoma de Occidente, repositorios institucionales y artículos publicados entre los años de 1998 y 2013, para abordar la problemática del bajo aprovechamiento de los recursos de la empresa E.P.I. S.A.S. En dicha investigación se analizaron metodologías para resolver problemas de productividad, distribución de planta y métodos ineficientes de trabajo.

En el ámbito internacional se han realizado importantes proyectos sobre la optimización del flujo de la producción, los cuales han contribuido con el mejoramiento de la productividad en diferentes empresas. Un ejemplo de dicha afirmación es la investigación realizada por Enrique Yacuzzi¹, “Diseño De Un Layout de planta: Marmicoc Argentina S.A.” donde se enfrentó a la problemática de transformar una distribución de planta tipo taller a un diseño que asegurara el flujo suave de las materias primas, debido a la necesidad de la empresa de mejorar la distribución de los espacios, las operaciones y los recursos de la planta. Para el desarrollo de ese proyecto, se desarrolló un estudio del flujo del proceso y se realizó una distribución ABC para determinar los productos con mayor volumen de producción y darles prioridad. Finalmente se determinaron las necesidades de cada estación de trabajo mediante un estudio de métodos, tomando también como referencia las recomendaciones de los operarios de la planta.

En la tesis *“Implementation Of Lean Manufacturing Tools In Garment Manufacturing Process Focusing Sewing Section Of Men’s Shirt”* elaborada por Naresh Paneru², se aborda la problemática de las industrias de la confección, las

¹ YACUZZI, Enrique, et al. Diseño de un layout de planta: Marmicoc Argentina S.A. [en línea]. Buenos Aires: Universidad del CEMA, 2009 [consultado el 25 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://www.aotsargentina.org.ar/userfiles/DISENO%20DE%20UN%20LAYOUT%20DE%20PLANTA%20MARMICOC%20ARGENTINA%20SA.pdf>

² PANERU, Naresh. Implementation Of Lean Manufacturing Tools In Garment Manufacturing Process Focusing Sewing Section Of Men’s Shirt [en línea]. Tesis de maestría. Oulu: Oulu university of applied sciences, 2011. 80 p. [consultado el 26 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34405/Paneru_Naresh.pdf?sequence=1

cuales se enfrentan tradicionalmente a problemas como la baja productividad, largos lead times, reprocesos, cuellos de botella generados por pobres balanceos de línea, baja flexibilidad de cambio de estilo, entre otros. Estos problemas se abordan en este estudio con la implementación de herramientas como la manufactura celular, el flujo de una sola pieza, la normalización del trabajo, y el justo a tiempo. Herramientas del *lean manufacturing* que se basan en la eliminación de desperdicios y la mejor utilización de los recursos.

Para finalizar la exploración en el ámbito internacional, fue analizado el proyecto “Diseño de distribución en planta de una empresa textil” desarrollada por Martín Muñoz Cabanillas³, quien se enfrentó a las problemáticas de la acumulación de *stocks*, demoras en los despachos, áreas congestionadas, tiempo de movimiento de materiales muy elevados, entre otros factores. La solución planteada fue desarrollar un diseño de planta que permitiera optimizar la disposición de los elementos del ciclo productivo, partiendo de diagramas de operaciones que le permitieron comprender y analizar los procesos. También se basó en las condiciones ergonómicas para realizar el diseño de los puestos y obtener las dimensiones que cada puesto requería para finalmente determinar los requerimientos de espacio de la planta.

Del mismo modo, en el entorno nacional se han desarrollado investigaciones recientes sobre la optimización de los recursos. Para el análisis de dichos estudios se ha tomado como referencia la aplicación del estudio de métodos y del diseño de planta como solución de las problemáticas. Se han analizado diferentes investigaciones, como el trabajo de grado de Katherine Alejandra Rúa Gil⁴, denominado: “Estandarización y mejoramiento del proceso de empaque de elementos de fijación (tornillos) en Industrias Cato S.A.” en el cual se afronta el caso de una empresa donde se evidencian métodos ineficientes de trabajo, tareas repetitivas y falta de control de la productividad. La metodología abordada en este proyecto fue la descripción detallada de cada proceso, el desarrollo diagramas de flujo y la construcción del plano de la zona de empaque, para visualizar el flujo de materiales y la redistribución de los recursos para el mejoramiento de la productividad.

³ CABANILLAS MUÑOZ, Martín. DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE UNA EMPRESA TEXTIL [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería, 2004. 137p. [consultado el 12 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/munoz_cm/munoz.pdf

⁴ RUA GIL, Katherine Alejandra. Estandarización y mejoramiento del proceso de empaque de elementos de fijación (tornillos) en Industrias CATO S.A. [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería, 2009. 115 p. [consultado el 12 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/1167/1/TID00305.pdf>

Un proyecto considerado fue “Estudio de métodos y tiempos para la elaboración e implementación de diagramas de procesos ajustados efectivamente a la productividad y a los estándares exigidos para la empresa manufacturera de refrigeradores Fridval Ltda”, elaborado por Vanessa Quintero Echeverry⁵, donde se realizó un estudio dentro de los parámetros de manejo adecuado de los métodos y se determinaron los tiempos estándar, basados en el análisis de las actividades de los procesos productivos y en las necesidades de estandarizar los procesos, para que la empresa obtuviera la capacidad de basar las estimaciones de producción en proyecciones fundamentadas y no en el empirismo con el que se venía haciendo.

Por otra parte, en el proyecto “Aumento de la productividad en las líneas de envasado de Naprolab S.A.” Victor Andrés Erazo Acevedo⁶ abordó la problemática del bajo rendimiento de las líneas de envasado de la empresa, debido a que no había lugares adecuados para el funcionamiento de maquinaria adquirida en los últimos tiempos, generando improductividad de dichas máquinas y a su vez convirtiéndolas en cuellos de botella, ya que su ubicación generaba recorridos innecesarios. Para solucionar dicho problema, se desarrolló una investigación descriptiva, comenzando por el estudio y la evaluación de la planta de producción mediante diagramas de flujo y una redistribución de las cargas de trabajo y las tareas realizadas por los operarios; finalmente se desarrolló un estudio de distribución de planta con el fin de afinar el flujo de la producción mediante la redistribución de los recursos.

En el trabajo de grado, “*Time Study of manufacturing for restaurant furniture at Seating Concepts Incorporated*” desarrollado por Suley Valencia Moreno⁷, se aborda el problema de *Seating Concepts*, una empresa americana de muebles, que desconoce su capacidad de producción, y no tiene cuantificados los requerimientos necesarios para cada proceso. En este caso se desarrolló un

⁵QUINTERO, Vanessa. Estudio de métodos y tiempos para la elaboración e implementación de diagramas de procesos ajustados efectivamente a la productividad y a los estándares exigidos para la empresa manufacturera de refrigeradores FRIDVAL LTDA [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería, 2008. 122 p. [consultado el 25 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/368/1/T0003226.pdf>

⁶ ERAZO ACEVEDO, Victor Andrés. Aumento de la productividad en las líneas de envasado de NAPROLAB S.A [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de ingeniería, 2012. 84 p. [consultado el 25 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/3017/1/TID00946.pdf>

⁷ VALENCIA MORENO, Suley. Time study of manufacturing for restaurant furniture at Seating Concepts incorporated [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2012. 144 p. [consultado el 25 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/3033/1/TID00960.pdf>

estudio del tiempo normal mediante cronometraje y datos históricos para determinar la capacidad de producción; como segunda medida se desarrollaron cursogramas sinópticos, que permitieran observar todas las operaciones requeridas para llevar a cabo cada proceso y poder determinar los requerimientos de producción.

Finalmente, después de una búsqueda exhaustiva de información sobre metodologías empleadas con anterioridad para la resolución de casos empresariales de baja productividad y escaso aprovechamiento de los recursos, se puede concluir con certeza que el estudio del trabajo acompañado de la redistribución de la planta se presentan como la solución ideal para este tipo de proyectos, además el uso de metodologías como el *lean manufacturing* para la disminución de costos y desperdicios, resulta como una herramienta de apoyo al momento de proponer nuevos métodos de trabajo y establecer un diseño de planta que mejore la movilidad de la materias primas y balancee los tiempos de proceso.

Por otra parte, se encontró que existe poca información sobre proyectos acerca de la producción de equipos de protección individual, aunque hay una gran cantidad de proyectos sobre sus usos y normas; por lo cual, fue necesario examinar proyectos de empresas textiles, ya que se usan maquinarias y métodos similares en sus procesos.

5. MARCO TEÓRICO

Para lograr un buen desarrollo de este proyecto se deben comprender las diferentes metodologías mencionadas anteriormente; tales como, el estudio del trabajo, el diseño de plantas y el balanceo de líneas, entre otras; las cuales al ser aplicadas contribuirán al mejoramiento de la productividad de la empresa y a la reducción de los sobrecostos de producción. Para el cumplimiento de los objetivos planteados es importante interpretar y poner en contexto las terminologías y teorías expuestas a continuación.

5.1 ESTUDIO DEL TRABAJO

Roberto García Criollo, en su libro *Estudio del Trabajo* define la medición del trabajo como “la parte cuantitativa del estudio del trabajo, que indica el resultado del esfuerzo físico desarrollado en función del tiempo permitido a un operario para terminar una tarea específica, siguiendo a un ritmo normal un método predeterminado”⁸, además aclara que el objetivo principal de la medición del trabajo es la determinación del tiempo estándar.

5.1.1 Estudio de métodos. También llamado ingeniería de métodos; es una técnica fundamental en el estudio del trabajo que se basa en el análisis sistemático y en el registro de la metodología manejada para llevar a cabo cada operación de un proceso. Su objetivo es simplificar los métodos existentes e implementar métodos más eficientes para aumentar la productividad del sistema estudiado y la calidad del producto.⁹

El desarrollo del estudio de métodos consiste en analizar en primer lugar el sistema productivo de forma general mediante la elaboración de diagramas de proceso, para luego enfocarse en cada operación dentro del proceso abordado.

El procedimiento para llevar a cabo el estudio de métodos consta de las siguientes etapas:

- Selección del trabajo a estudiar: en esta etapa se evalúan características económicas, técnicas y generales de los procesos, para definir en qué parte de la

⁸ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo: medición del trabajo. México D.F.: McGraw-Hill, 2000. p. 3.

⁹ NIEBEL, Benjamin. Ingeniería industrial: métodos estándares y diseño del trabajo. 10 ed. Madrid: Alfaomega, 2001. p. 5.

organización es preciso realizar el estudio con el objeto de que la implementación de un método sea significativa.

- Registro de los detalles del proceso: esta fase consta de la descripción del proceso abordado, mediante diagramas de recorrido donde se desglosan las operaciones del proceso. aquí se describen los factores que intervienen en cada operación y los métodos utilizados.
- Análisis crítico de los detalles observados: estudio minucioso de los métodos utilizados, donde se describen sus ventajas y desventajas. de esta manera se evalúa la pertinencia de los métodos actuales mediante el análisis de tiempos de producción y desperdicios de material, movimientos, espacios y tiempo.
- Propuesta del nuevo método: etapa en la que se define un método de producción más eficiente a partir de la economía de movimientos y nuevas metodologías de producción. esta propuesta se describe mediante diagramas de proceso y en ella se evidencia la disminución de tiempos improductivos y la eliminación de desperdicios.
- Estandarización del método propuesto: en esta fase se instruye al personal sobre el nuevo método y se implementa como el método estándar de producción. Para mantener el método propuesto y proponer futuras mejoras es necesario inspeccionar el proceso y mantener capacitados a los operarios que participan de este.

5.1.2 Diagrama de flujo de proceso. Según Niebel¹⁰, en este diagrama se muestra con claridad los transportes, demoras y almacenamientos del proceso. Por lo tanto emplea símbolos adicionales que permiten determinar reprocesos y errores operacionales, con el fin de reducir sobrecostos poco apreciables.







5.1.2.1 Simbología. La simbología se interpreta de acuerdo a las actividades descritas a continuación.

- Operación: cuando la pieza se transforma intencionalmente ó cuando se estudia o planea antes de realizar algún trabajo de producción en ella.

¹⁰NIEBEL, Op. cit., p 31.

- Inspección: cuando se somete al producto a un examen para determinar su conformidad con una norma o estándar.
- Operación-inspección: cuando un operario realiza una operación-inspección en una sola estación de trabajo
- Transporte: es el movimiento de un lugar a otro de los materiales. el sentido del transporte varía de acuerdo al flujo.
- Demora: si la pieza no se permite ser procesada inmediatamente en la siguiente estación de trabajo
- Almacenamiento: si el producto se retira y protege de un traslado no autorizado, se grafica sin importar si es almacén temporal o permanente.
- Actividades combinadas: pueden existir actividades que combinan algunas de las anteriores, por ejemplo operación e inspección, Etc.

Cuadro 1. Símbolos de los diagramas de proceso

SÍMBOLO	ACTIVIDAD
	Operación
	Inspección
	Operación-Inspección
	Transporte
	Demora
	Almacenamiento

NIEBEL, Benjamin. Ingeniería industrial: métodos estándares y diseño del trabajo. 10 ed. Madrid: Alfaomega, 2001. p. 31.

5.1.3 Estudio de tiempos. “Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido”¹¹.

Para este análisis deben considerarse los siguientes puntos de estudio, aplicables a cualquier producto:

- Objeto de la operación
- Diseño de la pieza
- Tolerancia y especificaciones del proceso
- Preparación de herramientas y patrones
- Manejo de materiales
- Distribución de máquinas y equipo
- Principios de economía de movimientos

5.1.3.1 Equipo utilizado para la medición de tiempos. Según Niebel¹², el equipo para llevar a cabo el estudio de tiempos contiene esencialmente un cronómetro, un tablero y las formas para el estudio, entre otros:

- Cronómetro: se utiliza para la medición de los tiempos de las operaciones en la fabricación de una pieza.
- Tablero de estudio de tiempos: tabla ligera y a su vez resistente para proporcionar apoyo a la forma de estudio.
- Forma de estudio de tiempos: documenta el muestreo de la toma de tiempos. En ella se identifica la operación que se estudia con información como número del operario, descripción de la operación, número de la máquina y herramientas utilizadas, entre otros factores.

¹¹ Ibid., p. 8.

¹² NIEBEL, Op. cit., p. 321.

5.1.3.2 División de la operación en elementos. De acuerdo a Roberto García Criollo¹³, Los elementos son parte de una actividad determinada compuesta por uno o más movimientos fundamentales del operario y de la máquina; o también se pueden definir como las fases de una operación seleccionada para fines de observación y cronometraje. Existen varias clases de elementos, definidos de acuerdo al ciclo, al operario, a los equipos involucrados y al tiempo.

En relación con el ciclo:

- Regulares o repetitivos: aparecen una vez en cada ciclo de trabajo.
- Casuales o irregulares: aparecen a intervalos regulares e irregulares.

En relación con el operario y la máquina se clasifican en:

- Elementos manuales sin máquina: elementos libres de toda máquina.
- Elementos manuales con máquina: con máquina parada o en marcha.

En relación con el tiempo se consideran los siguientes elementos:

- Elementos constantes: aquellos elementos cuyo tiempo de ejecución es siempre igual.
- Elementos variables: son los que dependen de una o varias variables, como superficie, distancia, peso, dureza, entre otras.

5.1.4 Tiempo estándar. De acuerdo a García Criollo¹⁴, es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante un método y un equipo estándar, por un trabajador con la habilidad necesaria, desarrollando una velocidad normal, que pueda mantener continuamente sin manifestar fatiga.

5.1.4.1 Procedimiento para obtener el tiempo estándar. “Como el tiempo real requerido para ejecutar cada elemento del estudio depende en un alto grado de la habilidad y esfuerzo del operario, es necesario ajustar el tiempo normal de dicho

¹³ GARCÍA CRIOLLO, Op. cit., p. 17.

¹⁴ GARCÍA CRIOLLO, Op. cit., p. 3.

operario”¹⁵. Por lo tanto el tiempo normal se va a ver afectado por una serie de elementos que afectan al operador, tales como el factor de ritmo y los suplementos, los cuales permitirán obtener un tiempo más acorde a la operación.

5.1.4.1.1 Tiempo observado (TO). Es el tiempo en que el operario está trabajando en la ejecución de la tarea encomendada y que se mide con cronómetro. Sin tener en cuenta los paros realizados tanto para atender sus necesidades personales como para descansar de la fatiga producida por el propio trabajo, debido a que estas pausas no son regulares.

5.1.4.1.2 Factor de ritmo (FR). Este concepto sirve para corregir las diferencias producidas al medir el TO, debido a que existen operarios rápidos, normales y lentos, en la ejecución de la misma tarea.

El coeficiente corrector, *FR*, se calcula al comparar el ritmo de trabajo desarrollado por el operario que realiza la tarea, con el que desarrollaría un operario capacitado normal, y conocedor de dicha tarea. En este cálculo es determinación del observador que realiza el estudio definir el factor de ritmo de cada observación realizada.

5.1.4.1.3 Tiempo normal (TN). Es el tiempo que un operario capacitado, con experiencia y a un ritmo normal, emplearía en la ejecución de la tarea objeto del estudio. Su valor se determina de la siguiente manera:

$$TN = TR \times FR$$

5.1.4.1.4 Suplementos de trabajo (K). Es preciso que el operario realice algunas pausas que le permitan recuperarse de la fatiga producida por el propio trabajo. Estos períodos de inactividad se deben a interrupciones personales, fatiga y retrasos, ya sea por problemas con las herramientas, interrupciones del supervisor o variaciones del material. Los suplementos se calculan como un *K%* del *TN* y se valoran según las características propias del trabajador y las dificultades que presenta la ejecución de la tarea.

$$K = TN \times K\%$$

¹⁵ NIEBEL, Op. cit., p 341.

5.1.4.1.5 Cálculo del tiempo estándar (TS). Según la definición anteriormente establecida, el tiempo estándar, también llamado *tiempo tipo* está formado por dos componentes: el tiempo normal y los suplementos. Es decir, es el tiempo necesario para que un operario promedio, capacitado y con experiencia en dicha tarea, realice ésta a ritmo normal, añadiendo los suplementos de interrupción necesarios, para que el operario descanse de la fatiga producida por el propio trabajo y pueda atender sus necesidades personales.

$$TS = TN + K$$

5.1.5 Balance de líneas de producción. Para Roberto Garcia Criollo¹⁶ el balance de una línea de producción consta de una disposición de áreas de trabajo en la cual las operaciones consecutivas están ubicadas de manera contigua, el material se mueve con un flujo continuo y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten la actividad ajustada en todos los puntos, moviéndose a lo largo de un recorrido directo.

5.1.5.1 Número de operadores para la línea. Para calcular el número de operadores que se requieren para el cumplimiento de la producción se deben aplicar las siguientes fórmulas:

$$IP = \frac{\text{unidades a fabricar}}{\text{horas trabajadas al día}}$$

$$NO = \frac{TE \times IP}{E}$$

Donde *NO* representa el número de operadores para la línea, *TE* es el tiempo estándar de la pieza, *IP* se refiere al índice de producción y *E* es la eficiencia planeada. La operación con mayor número de minutos asignados determinará la producción de la línea, por lo tanto se toma ese tiempo estándar para calcular las piezas por día.

$$\text{Minutos asignados} = \frac{TE}{\text{No. operarios real}}$$

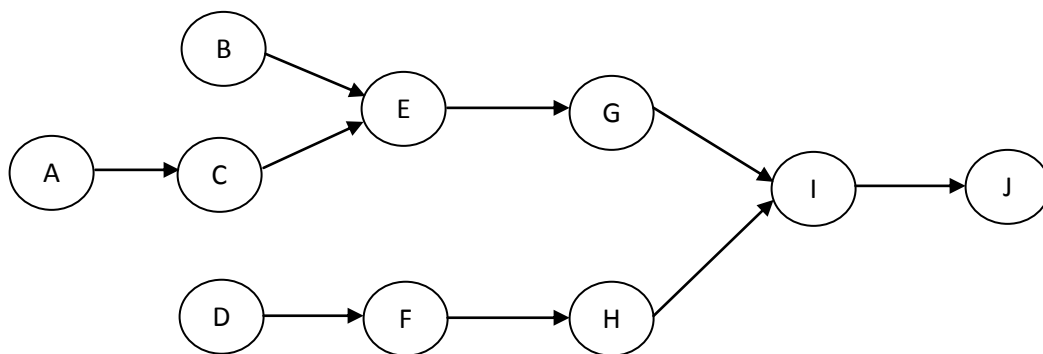
$$\text{piezas por día} = \frac{\text{No. operarios} \times \text{horas trabajadas al día}}{TE}$$

¹⁶ GARCÍA CRIOLLO, Op. cit., p. 195.

5.1.5.2 Número de estaciones de trabajo. Es el número de estaciones requerido para cumplir con el nivel de producción deseado. Para conocer el número de estaciones de trabajo, es necesario como primera medida establecer la secuencia de las operaciones mediante un diagrama de precedencia, para conocer el tiempo de ciclo y finalmente definir las operaciones a realizar en cada estación.

5.1.6 Diagrama de precedencia. Es una gráfica donde se establece el número limitado de las secuencias de elementos que sean física o económicamente factibles de realizar en un procedimiento. Permite determinar el tiempo de ciclo y analizar la capacidad real de producción diaria.

Figura 3. Diagrama de Precedencia



$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{\text{horas trabajadas al día} \times \text{Eficiencia}}{\text{Producción diaria}}$$

5.2 DISTRIBUCIÓN DE PLANTA.

De acuerdo con Niebel¹⁷, el objetivo del mejoramiento de la distribución de planta es desarrollar un flujo continuo del sistema de producción, que permita llegar al nivel de producción requerido, con la calidad deseada y al más bajo costo. La distribución física de la planta comprende la disposición de las máquinas, estaciones de trabajo, instrucciones de operación, control de inventarios, manejo de materiales, programación, determinación de rutas y despacho.

¹⁷ NIEBEL, Op. cit., p 98.

5.2.1 Procedimiento de diseño una nueva distribución. Los pasos utilizados para desarrollar el rediseño de la planta de producción son los siguientes:

- **Análisis del flujo de proceso:** este es el primer paso para analizar los espacios disponibles y las restricciones generadas por la distribución actual del proceso. aquí se evalúa el proceso de principio a fin y el tipo de distribución actual.
- **Evaluación de la relevancia de cada flujo:** en plantas donde se maneja un amplio portafolio de referencias es necesario definir el volumen de producción de cada producto, sus problemáticas y los espacios utilizados para su fabricación.
- **Determinación del espacio requerido:** para esta fase se deben definir los espacios requeridos para el manejo, el control y el mantenimiento de las estaciones de trabajo. después, se definen los métodos de almacenamiento y los espacios que van a ser utilizados en el nuevo diseño de planta.
- **Distribución de las instalaciones en el nuevo diseño:** por medio del estudio del trabajo se definen las estaciones requeridas para cumplir con el volumen de producción esperado y de esta manera se da paso a organizar los factores del proceso como material, personal, maquinaria, inventarios, de acuerdo a su flujo.

5.2.2 Tipos de distribución. Existen varios tipos de distribución que son implementados de acuerdo a diferentes condiciones; tales como: el volumen de producción, la diversidad de los productos fabricados, el tipo de producción (en línea o por lotes), entre otros. Existen 3 formas básicas de distribución de planta: distribución por producto, por procesos y de posición fija¹⁸.

5.2.2.1 Distribución por producto. Es apropiada cuando la producción está organizada, bien sea de forma continua o repetitiva, siendo el caso más característico el de las cadenas de montaje. Las máquinas se sitúan de manera contigua a lo largo de una línea; el producto sobre el que se trabaja recorre la línea de producción en secuencia, a medida que pasa por las operaciones necesarias.

¹⁸ Distribución en planta [en línea]: Diseño de sistemas productivos y logísticos. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2005 [consultado el 6 de marzo de 2014] Disponible en internet: <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/4%20Distribucion%20en%20planta.pdf>

5.2.2.2 Distribución por proceso. También llamada funcional o por taller; se adopta cuando la producción se organiza por lotes, donde el personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área. En este tipo de distribución las distintas partes tienen que moverse de un área a otra, de acuerdo con la secuencia de operaciones establecida para su obtención.

5.2.2.3 Distribución de posición fija. Este tipo de distribución es adoptado cuando no es posible mover el producto; ya sea por su peso, tamaño, volumen o alguna característica en particular que lo impida. En este caso, son los operarios y las máquinas las que se mueven alrededor de él.

5.2.2.4 Distribución híbrida (Células de trabajo). La fabricación celular se respalda simultáneamente en las ventajas que provienen de las distribuciones por producto y de las distribuciones por proceso, de su eficiencia y su flexibilidad respectivamente. Esta distribución consiste en la aplicación de los principios de la tecnología de grupos a la producción, agrupando *outputs* con las mismas características en familias y asignando grupos de equipos y personal para la producción de cada familia.

5.3 SMED.

La metodología SMED significa *single-minute Exchange of die*, que se traduce al castellano como: Cambio de herramienta en un solo dígito de minuto. Como su nombre lo indica se refiere a que cualquier cambio de herramienta se debe realizar en el menor tiempo posible, o a la minimización del tiempo transcurrido entre la fabricación de la última pieza conforme de una serie y la producción de la primera pieza conforme de la siguiente serie¹⁹.

Dentro de este tiempo transcurrido, las operaciones que se realizan con la máquina parada se denominan “internas” y aquellas que se realizan mientras la máquina produce piezas conformes se denominan “externas”. A este tiempo se le denomina tiempo de preparación o de alistamiento y es igual a la suma de los tiempos de alistamiento internos t_i más los tiempos de alistamiento externos t_e .

$$\text{Tiempo de alistamiento} = t_i + t_e$$

¹⁹CARBONEL, Francisco. Técnica SMED. Reducción del tiempo de preparación [en línea]. En: 3 CIENCIAS. Mayo, 2013. [consultado el 12 de Enero de 2015]. Disponible en internet: <http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf>

El primer paso para desarrollar el SMED es separar las operaciones internas de las externas y luego calcular sus tiempos estándar con el estudio de tiempos desarrollado con cronómetro. Después se deben reducir los tiempos de alistamiento internos y buscar la manera de convertir las operaciones internas en operaciones externas. Finalmente, se busca disminuir los tiempos de alistamiento externos buscando cuáles estaciones son más adecuadas para cada operación y cómo se debe desarrollar cada una, encontrando un estándar de trabajo que permita una normalización del proceso y una disminución considerable de los tiempos de alistamiento, mejorando la eficiencia de la producción. Para definir las operaciones existentes en el cambio de herramienta se deben tomar en cuenta los tiempos empleados en actividades como las siguientes:

- Alistamiento de la máquina y del puesto de trabajo
- Aseo y orden del puesto de trabajo
- Verificación de la materia prima
- Calibración del equipo
- Ajuste a patrones de fabricación
- Órdenes y liberación de la producción

5.4 TPM

El TPM (*Total Productive Maintenance*) es una metodología del *lean manufacturing* que significa mantenimiento productivo total. Esta herramienta surge gracias a la necesidad de controlar el estado de equipos con un nivel alto de automatización²⁰.

El TPM está basado en la gestión del mantenimiento de la maquinaria de forma interna, eliminando la filosofía de la división del trabajo, haciendo a los operarios más responsables del cuidado de sus equipos. Esta metodología se efectúa estableciendo equipos de mantenimiento preventivo entre los operadores de las máquinas y los operarios de mantenimiento.

²⁰TPM - Mantenimiento productivo total [en línea]: SPC Consulting group [consultado el 10 de Enero de 2015]
Disponible en internet: <http://spcgroup.com.mx/tpm/>

Uno de los objetivos del TPM es reducir pérdidas; por ende, se debe partir de la identificación de los diferentes tipos de pérdida. En total son seis pérdidas:

- Pérdidas por avería en los equipos
- Pérdidas debidas a preparaciones
- Pérdidas provocadas por tiempo de ciclo vacío y paradas cortas
- Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida
- Pérdidas por defecto de calidad
- Pérdidas en funcionamiento por puesta en marcha del equipo

El mantenimiento productivo total se fundamenta en la socialización y optimización de las prácticas de mantenimiento, creando un compromiso de los operarios con su entorno de trabajo.

Esta metodología se debe convertir en una cultura en la que el orden, la limpieza, el trabajo en equipo y la capacitación continua sean el motor de un sistema de mantenimiento interno donde se fomente el mejoramiento continuo. Aun así, en algunas ocasiones puede llegar a ser necesario realizar mantenimiento externo de acuerdo al grado de complejidad de la reparación.

5.5 GESTION VISUAL

De acuerdo con la guía *online* de *lean manufacturing* Leanroots²¹, esta herramienta se basa en la identificación rápida y segura del estándar de producción, haciendo evidente la presencia de desviaciones. La gestión visual tiene como objetivo fundamental exponer siempre el estándar de producción y facilitar su control. La gestión visual se aplica partiendo de los siguientes aspectos:

- No se observa claramente cuál es el estándar a seguir
- Los problemas se detectan por demasiado tarde

²¹Gestión Visual [en línea]: Leanroots [consultado el 10 de Enero de 2015] Disponible en internet: http://www.leanroots.com/Gestion_Visual.html

- Se dispone de mucha información de poca utilidad
- Ante la aparición de un problema no está claro cómo se debe corregir
- Ante la aparición de varios problemas no está claro cuál es la prioridad

Con esta herramienta se busca crear las condiciones para obtener información clara de forma visual acerca del proceso para poder controlarlo y tomar decisiones a partir de lo que se observa. Ya que para corregir desviaciones sobre el estándar lo ideal es identificarlo justo en el lugar donde se produce la falla, de modo que sea posible reaccionar con eficiencia.

Con la gestión visual se quieren conseguir los siguientes objetivos:

- El estándar sea claro y visible
- Las desviaciones del estándar (fallas y errores) sean evidentes
- Reaccionar eficientemente ante los problemas
- Saber qué medidas correctivas llevar a cabo para resolver los problemas
- La información disponible sea la necesaria, es la misma para todos y está a la vista en el lugar donde ocurren las cosas

6. MARCO CONCEPTUAL

6.1 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PARA TRABAJO EN ALTURAS.

Según la escuela colombiana de ingeniería²², los equipos de protección individual para trabajo en alturas son herramientas de gran tecnología que permiten al trabajador realizar su tarea de forma segura y eficiente. El ministerio de trabajo define como trabajo en alturas “aquel en el que exista el riesgo de caer a 1,50 m o más sobre un nivel inferior”²³, por ejemplo, en obras de construcción, mantenimiento e instalaciones donde haya peligro de caídas. En dichos casos es obligatorio el uso de equipos de protección individual, entre los cuales se destacan: el arnés de cuerpo completo, la eslinga, la línea de vida y el anclaje.

6.1.1 Anclaje. Punto seguro al que pueden conectarse equipos personales de protección contra caídas con resistencia certificada a la rotura y un factor de seguridad, diseñados y certificados en su instalación por un fabricante y/o una persona calificada. Puede ser fijo o móvil según la necesidad.

6.1.2 Arnés de cuerpo completo. Equipo de protección personal diseñado para distribuir en varias partes del cuerpo el impacto generado durante una caída. Es fabricado en reatas cosidas y debidamente aseguradas, e incluye elementos para conectar equipos y asegurarse a un punto de anclaje.

6.1.3 Eslinga de protección contra caídas. Sistema de cuerda o reata que permite la unión al arnés del trabajador al punto de anclaje. Su función es detener la caída de una persona, absorbiendo la energía de la caída de modo que la máxima carga sobre el trabajador sea de 900 libras.

6.1.4 Líneas de vida verticales. Sistemas certificados de cables de acero, cuerdas, rieles u otros materiales que debidamente anclados en un punto superior a la zona de labor, protegen al trabajador en su desplazamiento vertical.

²² Trabajo en altura protocolo [en línea]: Laboratorio Condiciones de Trabajo. Bogotá D.C.: Escuela colombiana de ingeniería Julio Garavito, 2009 [consultado el 26 de Febrero de 2014] Disponible en internet: <http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/ERGO/TRABAJO%20EN%20ALTURA.pdf>

²³ COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO. Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas. Resolución 1409 del 2012 (Julio 23). Por el cual se reglamenta el artículo 26 de la ley 9ª de 1979 [en línea]. Bogotá D.C.: Ministerio de Trabajo, 2012 [consultado el 26 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: http://www.ivss.co/web/images/pdf/res1409_2012.pdf

7. DESARROLLO DEL ESTUDIO DEL TRABAJO EN E.P.I.

Para iniciar el estudio del trabajo en la empresa E.P.I. S.A.S., es importante iniciar con una breve descripción de la compañía y su situación actual.

EPI nació en el año 1994 en la ciudad de Cali, posicionándose como la primera empresa de la ciudad en fabricar equipos de protección para trabajo en alturas; entrando a un mercado en crecimiento debido al fortalecimiento de las normatividades de seguridad industrial y a la expansión de las ciudades, la cual ha generado movimiento en el sector de la construcción.

Actualmente, esta empresa tiene 3 plantas productivas especializadas en la fabricación de equipos de protección personal; además, EPI cuenta con clientes en las principales ciudades de Colombia y un amplio portafolio de productos, entre los que se destacan los equipos para trabajo en alturas y los cascos de seguridad. A pesar de esto, se ha identificado por el área comercial que existe una demanda desaprovechada por la empresa tanto a nivel nacional como internacional, especialmente en el campo de trabajo en alturas. Ese mercado está siendo abarcado por la competencia debido al presente nivel de producción de la empresa, que en este momento no satisface la demanda local; por tal razón, se desea incrementar el nivel de producción de la planta CINAR optimizando los métodos actuales de trabajo.

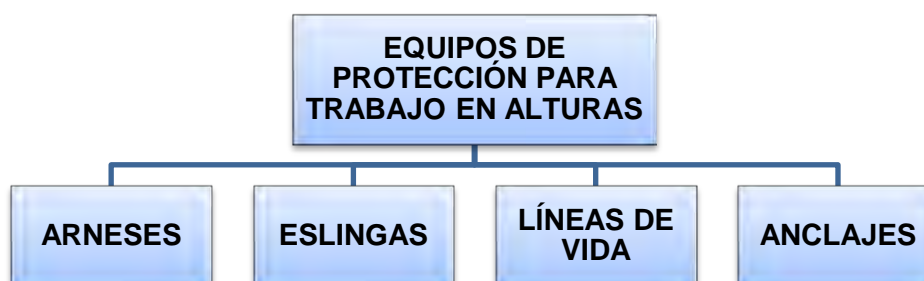
Para lograr esto la gerencia se ha enfocado en realizar un cambio radical en el corto plazo y se ha puesto la meta de lograr un incremento aproximado del 100% de la producción actual en la planta CINAR, lo cual permitirá ampliar el mercado actual de la empresa y en el futuro le cederá espacio a nuevas líneas de productos que van a reemplazar poco a poco a las líneas actuales.

7.1 ANÁLISIS DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA PLANTA

Con este proyecto se quiere encaminar a la empresa desde su parte productiva, investigando metodologías que permitan el incremento del nivel de producción para cumplir la proyección establecida. Para definir qué productos se van a estudiar se deben abordar los informes del área de mercadeo y ventas, a partir de los cuales se calculará el promedio mensual de unidades vendidas de cada línea para conocer la rotación de cada referencia y la importancia de cada línea de producción en términos de ventas.

7.1.1 Análisis de las líneas de producción. Con el objetivo de empezar a explicar el estudio realizado se definen en primera instancia las líneas de producción de la planta CINAR.

Figura 4. Líneas de producción de la planta CINAR en la empresa EPI S.A.S



Cuadro 2. Ventas año 2013 Línea de Arneses

Referencia	Línea-descripción	Unidades	Ventas (\$)	Promedio de unidades/mes
50-12	ARNESES	6.447	462.976.538	645
50-12-2	ARNESES	3.586	363.823.783	359
50-12-3	ARNESES	656	63.158.904	66
50-09B	ARNESES	616	52.517.064	62
50-09A	ARNESES	434	36.954.257	43
50-13	ARNESES	292	26.150.893	29
50-11	ARNESES	115	20.768.953	12
50-12-4	ARNESES	152	13.481.358	15
50-10	ARNESES	94	5.496.457	9
TOTAL		12.392	1.045.328.207	1240

Fuente. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL S.A.S. Indicadores de ventas de enero de 2013. Informe del área de mercadeo y ventas. Cali: EPI S.A.S.; 2014.

En lo que concierne a las otras líneas de producción, el cuadro de ventas se encuentra en los anexos (Ver Anexos A, B y C), de estos datos se tomó el total de ventas y se hizo un cuadro donde se resume la participación en ventas de cada línea.

Cuadro 3. Participación en ventas de cada línea – Año 2013

LÍNEA DE PRODUCCIÓN	VENTAS (\$)	PARTICIPACION EN VENTAS (%)
ARNESES	1.045.328.207	49,61 %
ESLINGAS	832.268.300	39,50 %
LINEAS DE VIDA	176.641.998	8,38 %
ANCLAJES	52.911.497	2,51 %
TOTAL	2.107.150.002	100,00 %

En el cuadro de participación por línea se observa que el producto más importante por su participación de mercado es el arnés con aproximadamente el 50% del total de las ventas, seguido de la eslinga que tiene cerca del 40%. En último lugar se ubican las líneas de vida y los anclajes, con el 8% y el 2,5% de las ventas respectivamente.

7.1.2 Proyección de producción. Según lo descrito anteriormente, se plantea un incremento del 100% en la producción de cada línea con el fin ampliar el mercado actual de la empresa. Haciendo un resumen de los cuadros de ventas, la meta de unidades por producto es la siguiente:

Cuadro 4. Meta por producto

PRODUCTO	PROMEDIO MENSUAL 2013 (Q)	META (Q)
ARNESES	1240	2480
ESLINGAS	886	1772
ANCLAJES	103	206
LÍNEAS DE VIDA	84	168

De acuerdo con el cuadro de proyecciones por cada producto, la meta de la planta CINAR es lograr producir mensualmente 2480 arneses incluyendo todas sus referencias. En cuanto a eslingas, la meta es producir 1772 unidades por mes; para los anclajes el objetivo es de 206 unidades y para las líneas de vida es de 168 unidades mensuales.

Las metas planteadas podrán cumplirse en un lapso todavía no estipulado dependiendo de los recursos que la empresa decida asignar para conseguirlo.

7.1.3 Análisis de Pareto. Con la meta de producción ya establecida, se entra a definir cuáles son los productos de cada línea que representan mayor importancia. Para lograrlo se ha determinado que se debe realizar un análisis de Pareto, que permite distribuir los productos por categorías mediante su nivel de ventas.

En este análisis se determinará qué productos representan el porcentaje mayoritario de las ventas y así se establecerán los productos a estudiar. Este análisis aporta grandes ayudas, tanto en el estudio del trabajo como en la distribución de planta, e inclusive en la planificación de la producción.

Como primera medida se ubican los productos en orden de mayor a menor conforme a su participación en ventas; generalmente, se toma el primer 20% como productos “tipo A”, que según la teoría de Pareto representarían el 80% de las ventas. El siguiente 30% de los productos se denomina “tipo B” y el 50% restante se toma como “tipo C”. Cada categoría debe planificarse y controlarse de forma diferente; los productos tipo A requieren de altos niveles de producto almacenado, los productos tipo B requieren de un inventario intermedio; mientras que los tipo C pueden tener un *stock* bajo o se pueden producir por pedido para disminuir costos de mantener inventario.

Al analizar las ventas por línea de producción, es necesario determinar el porcentaje acumulado dentro de cada línea para observar con claridad qué productos representan el 80% de las ventas. De estos productos se seleccionarán los más importantes en cuanto a su proceso productivo para definir las referencias a estudiar, teniendo también como punto de partida la accesibilidad al proceso y su complejidad; ya que es importante analizar productos con procedimientos complejos para que el estudio sea significativo para la empresa y además, para plantear metodologías de producción aplicables y más importante aún, trascendentales para cumplir con la proyección establecida.

Cuadro 5. Porcentaje de ventas por referencia Línea de Arnese

REFERENCIA	VENTAS 2013(\$)	% Relativo	% Acumulado	% General
50-12	462.976.538	0,44	0,44	21,97
50-12-2	363.823.783	0,35	0,79	17,27
50-12-3	63.158.904	0,06	0,85	3,00
50-09-B	52.517.064	0,05	0,90	2,49
50-09-A	36.954.257	0,04	0,94	1,75
50-13	26.150.893	0,03	0,96	1,24
50-11	20.768.953	0,02	0,98	0,99
50-12-4	13.481.358	0,01	0,99	0,64
50-10	5.496.457	0,01	1,00	0,26
TOTAL	1.045.328.207	1,00		49,61%

Cuadro 6. Porcentaje de ventas por referencia Línea de Eslingas

REFERENCIA	VENTAS 2013(\$)	% Relativo	% Acumulado	% General
50-23-RA	224.550.486	0,27	0,27	10,66
50-23-RA-1MT	151.786.493	0,18	0,45	7,20
50-22-A	102.589.441	0,12	0,58	4,87
50-23-RAG	61.528.217	0,07	0,65	2,92
50-21-2C	61.465.503	0,07	0,72	2,92
50-22-AG	58.738.786	0,07	0,79	2,79
50-21-2A	48.121.569	0,06	0,85	2,28
50-23-RC	46.133.459	0,06	0,91	2,19
50-22-A-90	41.849.270	0,05	0,96	1,99
50-20-RA	35.505.077	0,04	1,00	1,68
TOTAL	832.268.301	1,00		39,50 %

Cuadro 7. Porcentaje de ventas por referencia Línea de Líneas de vida

REFERENCIA	VENTAS 2013(\$)	%Relativo	%Acumulado	% General
50-104B-50	224.550.486	0,32	0,32	2,66
50-104A-10	151.786.493	0,21	0,53	1,80
50-104B-30	102.589.441	0,14	0,68	1,21
50-104B-15	61.528.217	0,09	0,76	0,73
50-104B-100	61.465.503	0,09	0,85	0,73
50-104B-10	58.738.786	0,08	0,93	0,69
50-104B-20	48.121.569	0,07	1,00	0,57
TOTAL	708.780.495	1,00		8,38 %

Cuadro 8. Porcentaje de ventas por referencia Línea de Anclajes

REFERENCIA	VENTAS 2013(\$)	%Relativo	%Acumulado	%General
<u>50-26A</u>	31.484.694	0,60	0,60	1,49
<u>50-27A</u>	6.165.061	0,12	0,71	0,29
<u>50-26A-1,20</u>	3.686.807	0,07	0,78	0,17
50-29 (1,28Mts)	3.245.781	0,06	0,84	0,15
50-27-1,20	3.037.816	0,06	0,90	0,14
50-27-1,80	1.600.712	0,03	0,93	0,08
50-29 (1,80Mts)	1.497.121	0,03	0,96	0,07
50-26A-1,80	818.839	0,02	0,97	0,04
50-26R-1M	712.467	0,01	0,99	0,03
50-29	662.199	0,01	1,00	0,03
TOTAL	52.911.497	1,00		2,51%

Las referencias subrayadas representan aproximadamente el 80% de las ventas de cada línea; por lo tanto, dichos productos son tomados como “tipo A” a pesar de no representar el 20% de los ítems en algunos casos. A estas referencias se les debe hacer una planeación más exhaustiva y se debe tener un *stock* de seguridad de ellas. Las referencias tipo A y sus respectivos porcentajes a nivel general son:

Cuadro 9. Referencias tipo A


REFERENCIA	VENTAS 2013(\$)	% General
50-12	462.976.538	21,97
50-12-2	363.823.783	17,27
50-23-RA	224.550.486	10,66
50-23-RA-1MT	151.786.493	7,20
50-22-A	102.589.441	4,87
50-23-RAG	61.528.217	2,92
50-21-2C	61.465.503	2,92
50-22-AG	58.738.786	2,79
50-104B-50	224.550.486	2,66
50-104A-10	151.786.493	1,80
50-26A	31.484.694	1,49
50-104B-30	102.589.441	1,21
50-104B-15	61.528.217	0,73
50-27A	6.165.061	0,29
50-26A-1,20	3.686.807	0,17
TOTAL	2.069.250.446	78,95 %

En este caso, las referencias tipo A representan el 78,95% de las ventas. En total son 15 ítems que representan un 41,67% del total de los productos estudiados.

Para el desarrollo del estudio del trabajo se hace necesario recortar la lista de referencias tipo A, con el fin de realizar un estudio más minucioso. Por tanto, se han definido los productos más representativos de cada línea para el estudio; sin dejar de lado que se debe realizar una planeación profunda y exacta de todas las referencias tipo A. Además, cabe resaltar que las diferencias entre las referencias de una misma línea son mínimas en cuanto a los procedimientos y a los materiales utilizados, lo que permite estudiar una referencia de cada línea e implementar las propuestas a nivel general, aplicando cierto margen de tolerancia. Por ejemplo; las líneas de vida 50-104B varían de una referencia a otra sólo en su longitud, ya que cuentan con el mismo proceso de producción y los mismos materiales e insumos. En resumen, las referencias que serán parte del estudio del trabajo en la planta CINAR son: Arnés 50-12, eslinga 50-23RA, anclaje 50-26 y línea de vida 50-104B. El paso siguiente es conocer las características de cada referencia para su respectivo estudio. Las listas de materiales de la eslinga, el anclaje y la línea de vida están en los anexos (Ver anexos D, E y F).

7.1.4 Estructura de los productos. Para conocer la composición de cada producto se realiza una lista de materiales o *BOM*, del inglés *Bill Of Materials*, con lo cual se da paso a la estructura de fabricación del producto, lo que facilita su visualización y el desarrollo de los diagramas de proceso. Dentro de este contexto, se precisa de una lista completa de todos los componentes que se requieren para la fabricación de cada producto, reflejando su cantidad y unidad de medida. Con esto se establece la cantidad de material que se necesita para cumplir la proyección mensual establecida y el alistamiento previo de las materias primas.

Cuadro 10. Descripción de las principales referencias de la planta CINAR

REFERENCIA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
Arnés 50-12		Arnés en “X” de cuerpo entero con 4 argollas; 1 argolla dorsal para detención de caídas, 2 argollas laterales para posicionamiento y 1 argolla frontal para labores de descenso. Elaborado en reata Polyester de alta resistencia de 45 mm a ancho.

Cuadro 10. (Continuación)

<p>Eslinga 50-23RA</p>		<p>Eslinga de detención de caídas doble en “Y” con sistema de absorción de energía, fabricado en reata poliéster de 25 mm de ancho, con 1 ganchos grande de doble seguro en cada extremo; largo de eslinga desde 90 cm a 1,80 m, desde el gancho pequeño que fija el arnés, hasta el extremo de cada brazo de la “Y”.</p>
<p>Anclaje 50-26</p>		<p>Conector de Anclaje Portátil elaborado en reata de Polyester de 45 mm con 2 argollas D a los extremos. Largo de anclaje 90 cm de extremo a extremo de las argollas.</p>
<p>Línea de vida 50-104B</p>		<p>Línea de Vida Vertical en Cuerda de Polyester de 16mm de diámetro, con gancho grande de doble seguro a un extremo y contrapeso al otro extremo.</p>

Cuadro 11. Materiales utilizados Referencia 50-12

REF.	MATERIA PRIMA	CANT. /UD	UD. DE MEDIDA	META	CANT. TOTAL	
50-12	REATA VERDE EN POLIESTER	4,32	m	2480 UND.	10714	m
	REATA AZUL EN POLIESTER	4,11	m		10193	m
	HEBILLA METALICA PEQUEÑA	3	UD		7440	UD
	HEBILLA METALICA GRANDE	3	UD		7440	UD
	HEBILLA CORREDERA ARNES	1	UD		2480	UD
	ARGOLLA D DORSAL	1	UD		2480	UD
	ARGOLLA D LATERAL	2	UD		4960	UD
	ETIQUETA PARA 50-12	1	UD		2480	UD
	PASADORES PLASTICOS PARA ARNES	5	UD		12400	UD
	HEBILLA TENSORA EPI	3	UD		2480	UD
	HEBILLA PLASTICA DORSAL	1	UD		2480	UD
	BOLSA PARA ARNES	1	UD		2480	UD
	ARGOLLA D FRONTAL DOBLE RANURA	1	UD		2480	UD

7.1.5 Descripción del proceso. El proceso de producción de equipos para trabajo en alturas está dividido en 3 áreas: corte, costura y empaque. Estas áreas se ubican a lo largo de la planta CINAR, donde se fabrican arneses, eslingas, anclajes y líneas de vida.

Este estudio se enfocará en el proceso de costura, debido a que es donde se quiere optimizar el proceso por solicitud de la gerencia y porque es el área que presenta cuellos de botella en la planta de producción.

El proceso de costura tiene 3 partes esenciales: alistamiento, operación de costura y pulido. A su vez, se realizan operaciones de ensamble manuales entre una costura y otra; estos procesos de ensamble se separan del alistamiento porque son realizados de forma aislada de las máquinas por otros operarios. Este procedimiento varía de acuerdo al tipo de máquina, que puede ser automática programable o máquina industrial manual.

En la máquina automática el proceso es el siguiente:

La primera operación es el alistamiento, que se basa en tomar la pieza de reata o cuerda que se va a coser de la canasta de material, unirla con una hebilla u otra reata de acuerdo al requerimiento de la operación y ubicarla en la planchuela de la máquina, luego se pisa un pedal que activa el *clamp* (Elemento que sujeta el material a la mesa de la máquina) y de esta manera que el material sujeto a la máquina.

La segunda operación es la costura, que se da inicio cuando el operario pisa el pedal de arranque y la máquina realiza la costura programada. Al terminar la costura el *clamp* se levanta de forma automática y el operario retira el material finalizando así la operación de costura. La operación final del proceso es el pulido, donde el operario corta el hilo sobrante de la reata con una tijera corta hebra o también llamada pulidor manual. Por último el operario procede a quemar las puntas sobrantes de hilo y ubica el material en la canasta de producto en proceso.

En la máquina manual o máquina de codo el proceso es muy similar y el orden de las operaciones es el mismo, pero tiene ciertas variables como se describe a continuación:

La operación inicial es el alistamiento, donde se toma la pieza de reata o cuerda que se va a coser de la canasta de material, se une con la hebilla, argolla u otra reata y se sostienen manualmente llevándolas al codo de la máquina. La segunda operación es la costura, que se da inicio cuando el operario presiona el pedal de rodillaque acciona la máquina y realiza la costura guiando de forma manual el material con ambas manos. Al terminar la costura suelta el pedal y retira el material finalizando así la operación de costura. La última operación del proceso es el pulido, que se realiza exactamente igual al proceso de pulido en una máquina automática donde el operario corta el hilo, luego quema los remanentes de hilo y finalmente ubica el material en la canasta de producto en proceso.

Cada producto lleva varios procesos de costura en diferentes máquinas de acuerdo a las características de cada costura. Entre dichos procesos se realizan ensambles manuales, donde se pasa la reata por hebillas plásticas, argollas y ganchos metálicos y luego se arma el producto, que finalmente regresa a las máquinas de coser para realizar costuras de cierre y remates.

7.1.5.1 Proceso de producción del arnés. El proceso de fabricación del arnés se realiza generalmente por lotes de 50 unidades. Este proceso comienza en 3 máquinas diferentes que trabajan al tiempo en partes diferentes del producto para su fabricación. La parte pectoral, que es la que sostiene el dorso y toda la parte superior del cuerpo del usuario, es realizada en una máquina automática de costura liviana *Zoje* y una máquina manual *Ivomaq*. Esta parte está conformada por 2 reatas de 45 milímetros de ancho de color verde neón, con medidas de 1,92 y 1,50 metros de largo, a las que se cosen hebillas conectoras en la máquina liviana; posteriormente en la máquina manual se cose la etiqueta del producto sobre la reata de 1,92 metros y se realiza la costura del indicador de impacto (pieza de tela que ante una caída queda desprendida del arnés) en la reata de 1,50 metros. Después las dos reatas son ensambladas manualmente cruzando ambas partes por una argolla y una hebilla dorsal y así queda finalizada la parte pectoral.

Por otra parte, en la máquina automática de costura pesada *Keestar* se realiza la parte pélvica del arnés, que es la parte que se ajusta a las piernas del usuario. En este proceso se añaden hebillas de conexión y argollas laterales a una reata azul de 45 milímetros de ancho y 3,30 metros de largo. Luego se ensambla la parte pectoral con la parte pélvica de forma manual mediante las hebillas conectoras y se traslada de nuevo a la máquina *Zoje* para asegurar los ensambles. Por último se pasa a la máquina *Ivomaq* para realizar los remates y obtener así el arnés completo. Después se ubica en una canasta y se lleva al área de empaque.



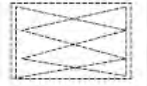


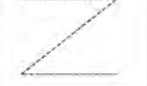
7.1.5.2 Proceso de producción de la eslinga. El proceso de fabricación de la eslinga también se realiza por lotes de 50 unidades. Este proceso se realiza en 2 máquinas de costura pesada *Keestar*, cada una con programación diferente. En una de ellas se realiza el absorbedor de impacto, que es una pieza en reata de 45 milímetros que se añade a la eslinga para reducir el impacto ante una caída. En la otra máquina se realiza la parte restante de la eslinga con una reata verde neón de 25 milímetros de ancho, a la cual se le añaden ganchos de seguridad y finalmente la etiqueta del producto. De esta manera se termina el proceso y se traslada en canastas de 50 unidades al área de empaque.

7.1.5.3 Proceso de producción de la línea de vida. El proceso de fabricación de la línea se realiza por unidad. Este proceso se realiza en 1 máquina de costura pesada *Keestar*. Se inicia pasando un gancho metálico por una cuerda de 16 milímetros de diámetro, a la cual se le añade un buje que le da forma al doblés y no permite que se quiebre la cuerda; finalmente, se fija la etiqueta en medio del doblés. De esta manera se da paso a ubicar la cuerda en la máquina y realizar la costura que asegura el gancho y la etiqueta y así se obtiene la línea de vida, que pasa directamente al área de almacén puesto que no tiene empaque.

7.1.5.4 Proceso de producción del anclaje. El proceso de fabricación del anclaje se realiza por unidad. Este producto se fabrica en 1 máquina *Keestar* de costura pesada. En el proceso del anclaje se pasa una argolla dorsal por una reata azul de 45 milímetros de ancho y se realiza la costura programada; luego, se repite el procedimiento en la otra punta de la reata y así queda finalizado el proceso de costura, listo para ser trasladado al área de empaque.

7.1.6 Diagrama de procesos. En este caso se utilizarán cursogramas sinópticos, que son diagramas basados en el recorrido de las operaciones e inspecciones que hacen parte del proceso de elaboración de una pieza. Por lo tanto, es necesario conocer los componentes de los productos para estructurar de una forma organizada los diagramas. Para comenzar, se debe tener claro que todos los procesos de la planta CINAR están conformados por costuras y ensambles manuales; por lo tanto, se describirán a continuación los patrones de las costuras y los herrajes que se utilizan para unir las diferentes reatas. Básicamente son 6 configuraciones las que se utilizan para coser los productos de alturas, estas costuras están diseñadas para darles a los equipos las propiedades de resistencia que requiere para cumplir con las normas de calidad. También se realizan costuras simples, y remates para las terminaciones de los equipos.

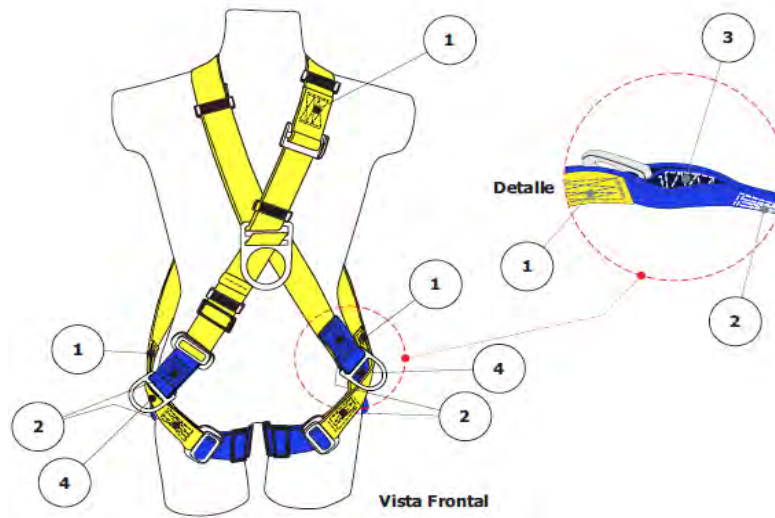
Figura 5. Tipos de costuras

1		101 - Zic Zac 65mm x 34,5 mm	5		107 - Zic Zac 53 mm x 35 mm
2		102 - Zic Zac 53mm x 33 mm	6		108 - En X 55mm x 35 mm
3		103 - Triangular 45mm x 33 mm			
4		106 - En Z 33 mm x 33 mm			

Fuente. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL S.A.S. Patrones de costura. Informe del área de diseño y desarrollo de alturas. Cali: EPI S.A.S.; 2012.

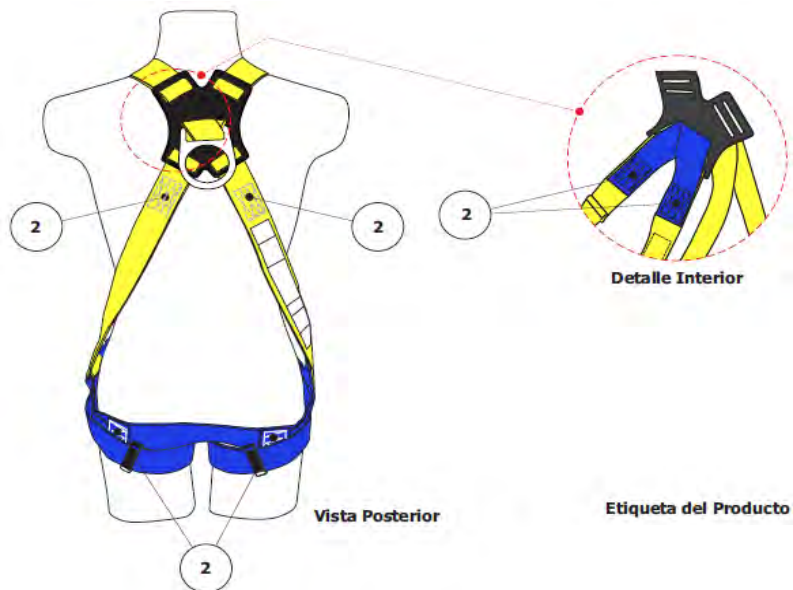
Para presentar un ejemplo de la distribución de las costuras en un equipo de seguridad, el área de diseño y desarrollo de alturas de la empresa ha proporcionado para este proyecto la estructura de un arnés con los tipos de costuras que se realizan.

Figura 6. Vista frontal del arnés y costuras












Fuente. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL S.A.S. Estructura del arnés: Tipos de costura parte frontal. Informe del área de diseño y desarrollo de alturas. Cali: EPI S.A.S.; 2013.

Figura 7. Vista posterior del arnés y costuras



Fuente. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL S.A.S. Estructura del arnés: Tipos de costura parte dorsal. Informe del área de diseño y desarrollo de alturas. Cali: EPI S.A.S.; 2013.

Figura 8. Herrajes metálicos y hebillas plásticas

A1		Argolla "D" Frontal	H3		Hebilla Plástica
A2		Argolla "D" Dorsal			
A3		Argolla "D" Lateral	H4		Hebilla Tensora
H1		Hebilla Metálica G	R1		Regulador Metálico
H2		Hebilla Metálica P	P1		Pasador Plástico

Fuente. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL S.A.S. Herrajes metálicos y hebillas plásticas. Informe del área de diseño y desarrollo de alturas. Cali: EPI S.A.S.; 2012.

Ya definidas las costuras realizadas y los herrajes ensamblados a lo largo de los procesos productivos, se realizan los cursogramas sinópticos de cada proceso utilizando los símbolos de operación e inspección descritos anteriormente en el cuadro de símbolos de los diagramas de proceso (Ver cuadro 1).

Cuadro 12. Resumen de actividades del proceso de costura del arnés



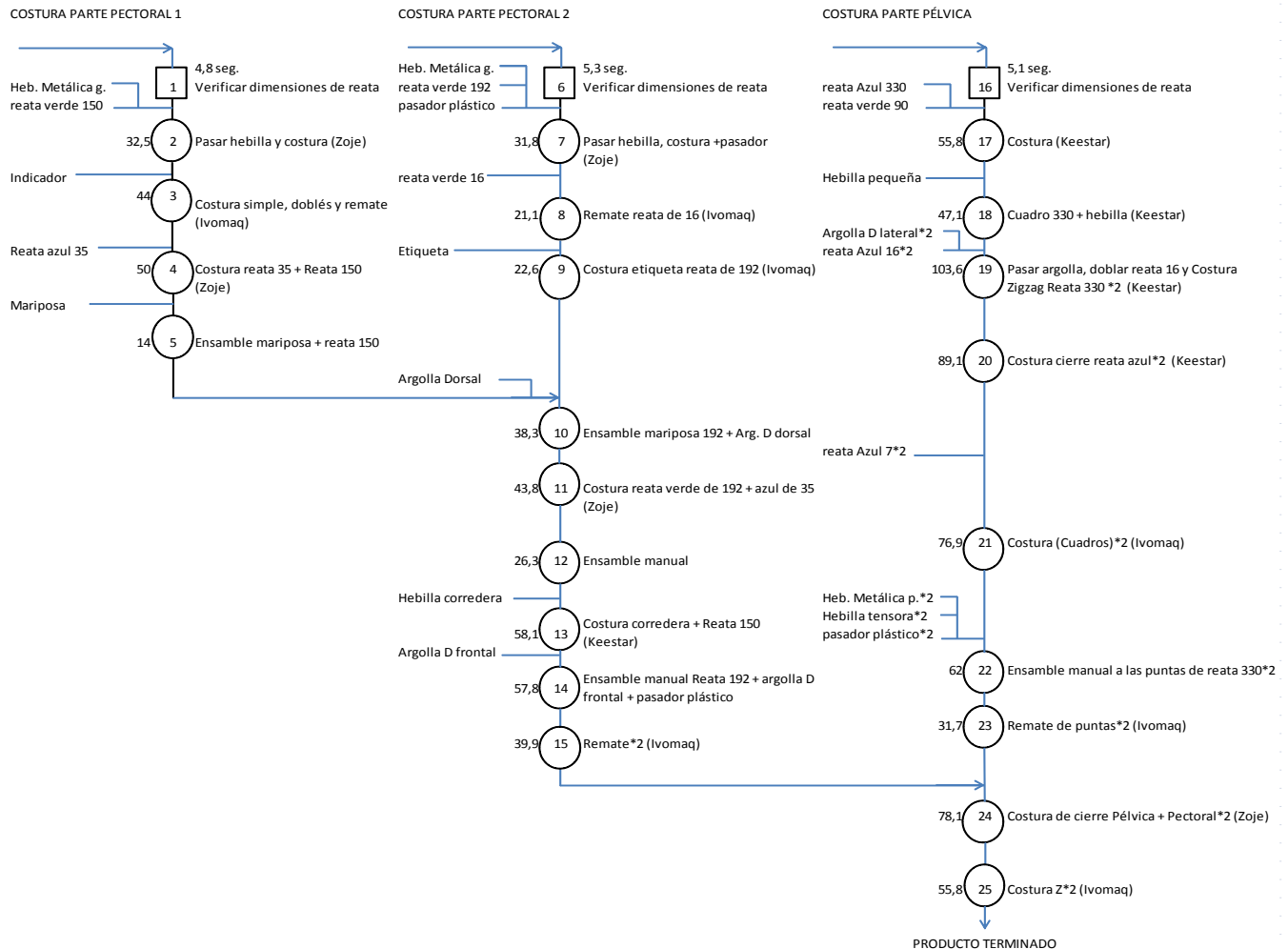
Actividad	No. de Actividades	Tiempo de proceso
Operación 	22	1080,3 segundos
Inspección 	3	15,2 segundos
TOTAL	25	1095,5 segundos

Figura 9. Cursograma sinóptico del proceso de fabricación del arnés



En el cursograma sinóptico se observa cómo se va armando el arnés mediante las costuras mencionadas anteriormente y se muestran las máquinas en las que se realizan con el método actual, así como su tiempo de realización en segundos. De la misma manera se describen los ensambles manuales realizados y los materiales que se utilizan a través del proceso productivo.

En los anexos se observan los diagramas de las otras líneas estudiadas (Ver Anexo G, Anexo H y Anexo I). De esta forma se da paso al estudio de métodos y tiempos, donde se realizan diagramas de flujo de proceso, en los cuales se realiza una breve descripción de cada actividad, su tiempo de realización y el método recomendado para optimizar el proceso.

7.2 ESTUDIO DE MÉTODOS Y TIEMPOS

Para el estudio se han definido los productos más representativos de la planta, entre los cuales se ha determinado el arnés 50-12 como el producto más importante por su posición términos de ventas. Esta referencia tiene un proceso productivo complejo y extenso; por tal motivo, se tomó la decisión de separar el estudio de los tiempos en segmentos del proceso con el fin de hacerlo de una manera organizada y clara. En principio, el arnés está compuesto por una parte pectoral y una parte pélvica, que se ajustan al cuerpo humano. La parte pectoral está compuesta principalmente por dos reatas verdes de poliéster de 1,50 y 1,92 metros de largo; mientras que la parte pélvica se fabrica sobre una reata azul de poliéster de 3,30 metros. Estas reatas son la base del arnés; a éstas se añaden herrajes, pasadores plásticos y reatas de 90, 35, 16 y 7 cm conforme avanza el proceso de producción.

Figura 10. Reatas utilizadas en la fabricación del arnés (mm)

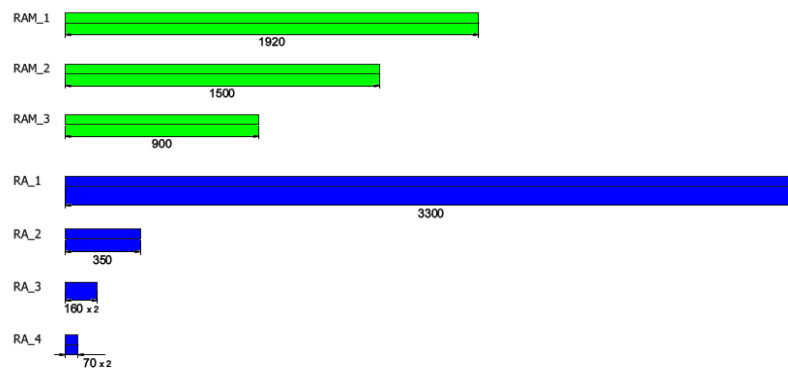
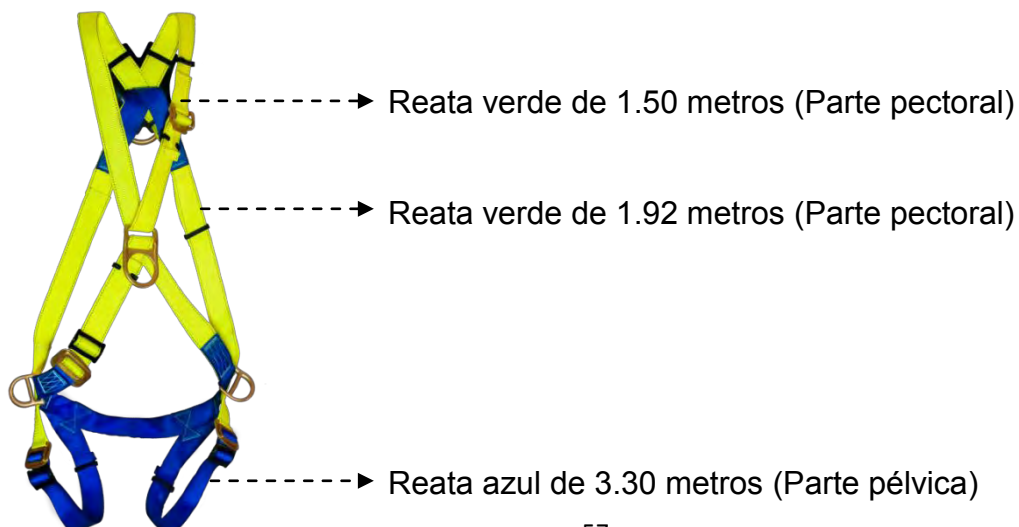


Figura 11. Partes del arnés 50-12



El proceso ha sido separado en 3 segmentos para la toma de tiempos. El primer cuadro refleja los tiempos de fabricación de la parte pectoral del arnés que se realiza sobre la reata de 1,50 metros de largo; el segundo muestra los tiempos de la parte realizada sobre la reata de 1,92 metros; finalmente, el tercer cuadro representa el estudio de tiempos de la parte pélvica y el ensamble final de todas las partes.

7.2.1 Toma de tiempos. Para dar inicio al estudio, se definió que a los tiempos tomados a las operaciones en máquinas automáticas se les otorgará un factor de ritmo del 100%, ya que no se presentan variaciones representativas entre un ciclo y otro; mientras que operaciones manuales de costura y ensambles, tienen una valoración variable, debido a que no son operaciones totalmente estandarizadas y los tiempos observados pueden presentar variaciones importantes. Para determinar la cantidad recomendable de observaciones para realizar el estudio de tiempos se utilizó el cuadro del número de ciclos de observación de *General Electric Company* elaborado por Albert E. Shaw²⁴.

Cuadro 13. Número recomendado de ciclos de observación


Tiempo de ciclo (minutos)	Nº de ciclos Recomendado
0,10	200
0,25	100
0,50	60
1,00	30
2,00	20
4,00 a 5,00	15
5,00 a 10,00	10
10,00 a 20,00	8
20,00 a 40,00	5

Fuente. NIEBEL, Benjamin. Ingeniería industrial: métodos estándares y diseño del trabajo. 10 ed. Madrid: Alfaomega, 2001. p. 340.

²⁴SHAW, Albert. Time Study Manual. Citado por NIEBEL, Op. cit., p. 340.

Para determinar el número de ciclos fue necesario desarrollar el estudio preliminar, donde el operario con más experiencia realizó todo el proceso de producción de una unidad para cada producto a estudiar.

Cuadro 14. Estudio de tiempos preliminar

 E.P.I. ESTUDIO DE TIEMPOS <small>Equipo de Producción Individual</small>			
PROCESOS COMPLETOS POR LÍNEA DE PRODUCCIÓN			
FECHA DE INICIO: 01-08-2014		FECHA DE FINALIZACIÓN: 01-08-2014	
OBSERVADOR: Mario Cruz		TURNOS: 7:00 a.m. - 5:00 p.m.	
PROCESO	Factor de ritmo (100%)	Tiempo de ciclo	No. de observaciones
ARNÉS	Tiempo Observado (Min.)	13,92	8
ESLINGA	Tiempo Observado (Min.)	12,54	8
LÍNEA DE VIDA	Tiempo Observado (Min.)	1,91	20
ANCLAJE	Tiempo Observado (Min.)	1,72	20

Con el estudio de tiempos preliminar se obtuvo la cantidad recomendada de observaciones a realizar por cada referencia. Para los arneses y para las eslingas se hará el estudio con 8 ciclos, mientras que para las líneas de vida y los anclajes se realizará el estudio con 20 ciclos.

A continuación, se observan los tiempos de producción del arnés observados mediante cronómetro y cámara de video. También se utilizó un formato de estudio de tiempos suministrado por el área de calidad de la empresa, al cual se le hicieron algunos ajustes para observar los tiempos de una manera más estructurada; separando alistamiento, costura y pulido.

Figura 12. Instrumentos utilizados para el estudio de tiempos



Cuadro 15. Estudio de tiempos parte pectoral 1,50 metros


		PROCESO DE PRODUCCIÓN								Código: PP-RE-004		Versión: 3	
										Fecha de elaboración: 14-10-2010			
										Fecha de modificación: Julio de 2014			
ESTUDIO DE TIEMPOS													
OPERACIONES DEL PROCESO DE FABRICACION DE: Parte pectoral de 150 cm - Arnés													
FECHA DE INICIO: 04-08-2014						FECHA DE FINALIZACIÓN: 16-08-2014							
OBSERVADOR: Mario Cruz						TURNOS: 7:00 a.m. - 5:00 p.m.							
Descripción	Operación	Ciclo (Seg.)	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio (Seg.)		
Pasar hebilla + Costura 150	A	Tiempo Observado (Alistamiento)	6,60	7,81	6,25	7,95	6,30	7,25	7,88	7,67	7,21		
		Tiempo Observado (Costura)	14,26	13,96	14,36	14,01	14,17	14,05	14,26	14,08	14,14		
		Tiempo Observado (Pulido)	11,88	11,62	10,27	12,03	9,31	10,51	11,89	11,24	11,09		
		Valoración % (Proceso automático)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	TN (Seg.)	32,45	
Costura indicador	B	Tiempo Observado (Alistamiento)	2,53	3,02	2,44	2,16	3,87	3,55	3,86	2,40	2,98		
		Tiempo Observado (Costura)	7,97	8,98	10,78	7,81	8,08	8,25	9,06	9,15	8,76		
		Tiempo Observado (Pulido)	6,24	4,94	7,86	6,90	6,12	6,95	7,25	5,98	6,53		
		Valoración % (Manual)	105%	105%	92%	105%	98%	99%	90%	102%	Total	18,27	
		Tiempo Normal	17,58	17,79	19,39	17,71	17,71	18,56	18,15	17,88	TN (Seg.)	18,10	
dobles y remate indicador	C	Tiempo Observado (Alistamiento)	10,56	10,27	12,55	9,43	10,69	10,65	11,24	10,91	10,79		
		Tiempo Observado (Costura)	8,64	6,14	7,50	8,78	6,85	6,88	6,92	7,42	7,39		
		Tiempo Observado (Pulido)	9,52	10,32	7,16	7,46	6,44	8,55	6,94	6,32	7,84		
		Valoración % (Manual)	95%	97%	95%	100%	105%	95%	105%	106%	Total	26,02	
		Tiempo Normal	27,28	25,93	25,85	25,67	25,18	24,78	26,36	26,13	TN (Seg.)	25,90	
Costura 150 + Azul 35	D	Tiempo Observado (Alistamiento)	16,87	12,55	14,82	13,21	11,17	12,67	12,86	13,80	13,49		
		Tiempo Observado (Costura)	22,63	21,98	21,71	21,87	21,67	22,10	21,56	21,44	21,87		
		Tiempo Observado (Pulido)	15,70	11,21	13,58	16,33	15,95	14,51	14,63	15,46	14,67		
		Valoración % (Proceso automático)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	TN (Seg.)	50,04	
Ensamble mariposa	E	Tiempo Observado (Ensamble)	12,82	12,68	18,30	13,80	15,84	15,68	15,26	16,52	15,11		
		Valoración %	100%	100%	80%	100%	90%	100%	100%	80%	Total	15,11	
		Tiempo Normal	12,82	12,68	14,64	13,80	14,26	15,68	15,26	13,22	TN (Seg.)	14,04	
TOTAL (Σ TN)											140,52	Seg.	
TOTAL (Σ TN)											2,342059	Min.	
TOTAL (Σ TN)											0,039034	Horas	

Figura 13. Alistamiento y ensamble de la hebilla dorsal



En la imagen se observa la marcación de las medidas y el alistamiento de la reata de 1,50 metros y la hebilla conectora; además, se muestra la operación “E” que representa el ensamble de las reatas de 1,50 metros y 35 cm a la hebilla dorsal (llamada también mariposa por su forma).

7.2.2 Cálculo del tiempo normal. Para determinar el tiempo normal fue necesario tener en cuenta la valoración o factor de ritmo de cada operación analizando dos elementos: la experiencia de los operarios y la variabilidad entre los tiempos observados de una misma operación.

En total se tomaron tiempos a 3 operarios con experiencia de 2 a 3 años en confección industrial; además se tomaron tiempos al operario de la estación de ensambles, que cuenta con un año de experiencia como patinador de planta realizando ensambles manuales de arneses.


El tiempo normal fue calculado mediante el producto obtenido entre el tiempo observado y la valoración. Para el arnés, el tiempo normal de producción de una unidad es de 14,63 minutos.

Figura 14. Ensamble de la parte pectoral



En la figura 14 se observan las operaciones I, J y K, en las que se ensamblan las partes pectorales mediante la unión de la reata de 1,92 metros con la mariposa, la argolla dorsal y la reata de 1,50 metros; después se realiza el cierre del ensamble con la costura de la reata azul de 35 cm con la reata verde de 1,92 metros. Finalmente, se introducen la reatas por los ojales superiores de la mariposa y de esta manera queda casi finalizada la parte pectoral del arnés.

Cuadro 16. Estudio de tiempos parte pectoral 1,92 metros

		PROCESO DE PRODUCCIÓN				Código: PP-RE-004				Versión: 3	
						Fecha de elaboración: 14-10-2010					
						Fecha de modificación: Julio de 2014					
ESTUDIO DE TIEMPOS											
OPERACIONES DEL PROCESO DE FABRICACION DE: Parte pectoral de 192 cm - Arnés											
FECHA DE INICIO: 04-08-2014				FECHA DE FINALIZACIÓN: 16-08-2014							
OBSERVADOR: Mario Cruz				TURNOS: 7:00 a.m. - 5:00 p.m.							
Descripción	Operación	Ciclo (Seg.)	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio (Seg.)
Pasar hebilla + Costura 192 + Pasador	F	Tiempo Observado (Alistamiento)	2,55	3,01	3,22	2,56	3,09	3,54	3,84	2,43	3,03
		Tiempo Observado (Costura)	14,79	14,63	13,58	13,74	14,82	14,21	13,97	14,64	14,30
		Tiempo Observado (Pulido)	14,95	15,38	14,37	13,68	13,53	14,05	13,55	16,09	14,45
		Valoración % (Proceso automático)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	TN (Seg.) 31,78
Dobles y remate reata de 16	G	Tiempo Observado (Alistamiento)	8,03	7,42	8,44	9,02	9,01	8,56	8,74	7,64	8,36
		Tiempo Observado (Costura)	3,22	3,54	3,39	4,02	2,54	3,25	3,66	3,42	3,38
		Tiempo Observado (Pulido)	6,19	10,12	14,14	8,11	7,26	13,94	8,76	8,70	9,65
		Valoración % (Manual)	105%	100%	90%	100%	102%	95%	100%	103%	Total 21,39
		Tiempo Normal	18,31	21,08	23,37	21,15	19,19	24,46	21,16	20,35	TN (Seg.) 21,13
Costura etiqueta	H	Tiempo Observado (Alistamiento)	8,39	9,17	7,31	9,43	9,29	9,03	9,15	8,46	8,78
		Tiempo Observado (Costura)	3,42	4,11	3,88	4,80	3,56	4,25	3,67	4,86	4,07
		Tiempo Observado (Pulido)	10,74	9,96	9,64	8,60	10,02	9,54	9,81	10,07	9,80
		Valoración % (Manual)	100%	100%	105%	100%	100%	100%	100%	95%	Total 22,65
		Tiempo Normal	22,55	23,24	21,87	22,83	22,87	22,82	22,63	22,22	TN (Seg.) 22,63
Ensamble mariposa + argolla Dorsal	I	Tiempo Observado (Alistamiento)	37,84	39,25	38,28	42,38	40,38	36,79	41,89	48,64	40,68
		Tiempo Observado (Costura)	100%	95%	95%	85%	90%	105%	95%	90%	Total 40,68
		Tiempo Observado (Pulido)	37,84	37,29	36,37	36,02	36,34	38,63	39,80	43,78	TN (Seg.) 38,26
Costura 192 + Azul 35	J	Tiempo Observado (Alistamiento)	16,07	14,46	14,52	16,91	17,02	15,87	15,90	14,75	15,69
		Tiempo Observado (Costura)	13,62	14,50	13,70	14,23	14,06	14,26	14,10	14,79	14,16
		Tiempo Observado (Pulido)	12,56	14,86	14,04	15,32	12,50	13,45	13,99	14,82	13,94
		Valoración % (Proceso automático)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	TN (Seg.) 43,79
Ensamble manual	K	Tiempo Observado (Ensamble)	25,54	28,36	27,18	27,54	26,32	27,46	28,97	26,40	27,22
		Valoración %	100%	95%	95%	95%	100%	95%	95%	100%	Total 27,22
		Tiempo Normal	25,54	26,94	25,82	26,16	26,32	26,09	27,52	26,40	TN (Seg.) 26,35
Costura corredera + 150	L	Tiempo Observado (Alistamiento)	11,33	12,25	13,54	16,00	14,21	15,00	14,73	14,62	13,96
		Tiempo Observado (Costura)	30,04	30,55	30,40	30,81	30,87	30,46	30,78	30,33	30,53
		Tiempo Observado (Pulido)	13,40	14,04	13,23	13,75	13,09	13,64	14,21	13,56	13,62
		Valoración % (Proceso automático)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	TN (Seg.) 58,11
Ens. manual 192 + Frontal + pasador	M	Tiempo Observado (Ensamble)	58,18	60,37	55,54	58,25	57,08	64,28	70,95	65,01	61,21
		Valoración %	100%	95%	100%	100%	100%	90%	85%	90%	Total 61,21
		Tiempo Normal	58,18	57,35	55,54	58,25	57,08	57,85	60,31	58,51	TN (Seg.) 57,88
Remate*2	N	Tiempo Observado (Alistamiento)	7,05	7,22	7,44	8,02	8,01	7,84	8,17	7,12	7,61
		Tiempo Observado (Costura)	3,27	2,86	2,98	4,62	3,46	3,77	3,46	3,18	3,45
		Tiempo Observado (Pulido)	9,05	8,12	9,15	8,66	8,76	9,49	9,85	9,34	9,05
		Valoración % (Manual)	100%	102%	100%	95%	100%	99%	95%	105%	Total 20,11
		Tiempo Normal	19,37	18,56	19,57	20,24	20,23	20,89	20,41	20,62	TN (Seg.) 39,97
TOTAL (Σ TN)											331,55 Seg.
TOTAL (Σ TN)											5,53 Min.
TOTAL (Σ TN)											0,09 Horas

Cuadro17. Estudio de tiempos parte pectoral y ensamble final


		PROCESO DE PRODUCCIÓN					Código: PP-RE-004		Versión: 3		
							Fecha de elaboración: 14-10-2010				
							Fecha de modificación: Julio de 2014				
ESTUDIO DE TIEMPOS											
OPERACIONES DEL PROCESO DE FABRICACION DE: (Parte pélvica + Pectoral) - Arnés											
FECHA DE INICIO: 04-08-2014					FECHA DE FINALIZACIÓN: 16-08-2014						
OBSERVADOR: Mario Cruz					TURNOS: 7:00 a.m. - 5:00 p.m.						
Descripción	Operación	Ciclo (Seg.)	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio (Seg.)
Costura reata 330 + verde 90	O	Tiempo Observado (Alistamiento)	11,82	13,67	9,69	9,47	8,83	10,74	11,64	12,48	11,04
		Tiempo Observado (Costura)	28,76	28,68	28,28	28,32	28,43	28,64	28,32	28,74	28,52
		Tiempo Observado (Pulido)	15,54	14,72	17,68	16,34	17,45	16,00	17,59	14,68	16,25
		Valoración % (Proceso automático)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Costura 330 + hebilla	P	Tiempo Observado (Alistamiento)	12,60	11,55	11,98	12,76	13,41	12,64	12,28	12,94	12,52
		Tiempo Observado (Costura)	23,19	23,46	22,99	21,43	22,60	23,75	23,39	21,20	22,75
		Tiempo Observado (Pulido)	10,11	11,32	12,14	11,04	12,71	12,64	12,58	12,19	11,84
		Valoración % (Proceso automático)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Costura + argolla D lateral * 2	Q	Tiempo Observado (Alistamiento)	16,73	15,97	17,75	16,51	16,19	16,23	16,54	16,78	16,59
		Tiempo Observado (Costura)	21,56	22,71	22,02	21,72	21,20	22,46	21,79	21,40	21,86
		Tiempo Observado (Pulido)	14,82	16,26	11,00	12,76	11,70	14,68	12,54	13,28	13,38
		Valoración % (Proceso automático)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Costura de cierre * 2	R	Tiempo Observado (Alistamiento)	9,56	8,42	8,79	8,30	8,62	7,89	8,44	8,25	8,53
		Tiempo Observado (Costura)	23,80	24,26	24,32	24,53	24,76	24,56	23,15	23,67	24,13
		Tiempo Observado (Pulido)	12,25	11,00	11,05	11,55	12,89	11,64	12,54	12,06	11,87
		Valoración % (Proceso automático)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Cuadros * 2	S	Tiempo Observado (Alistamiento)	9,39	11,21	10,22	12,29	10,66	9,87	9,46	9,24	10,29
		Tiempo Observado (Costura)	17,54	20,76	19,20	21,18	21,22	20,56	21,45	20,87	20,35
		Tiempo Observado (Pulido)	8,10	10,02	7,60	7,20	7,56	9,54	9,78	9,84	8,79
		Valoración % (Manual)	105%	95%	100%	90%	95%	100%	98%	100%	Total 39,43
		Tiempo Normal	36,78	39,89	37,02	36,60	37,47	39,97	39,88	39,95	TN (Seg.) 76,89
Ensamble manual puntas 330	T	Tiempo Observado (Ensamble)	66,27	59,83	56,54	62,02	68,22	69,8	67,9	53,7	63,03
		Valoración %	95%	100%	100%	100%	95%	95%	95%	110%	63,03
		Tiempo Normal	62,96	59,83	56,54	62,02	64,81	66,29	64,50	59,09	TN (Seg.) 62,00
Remate de puntas 330 * 2	U	Tiempo Observado (Alistamiento)	4,49	4,36	6,54	5,43	6,85	5,48	6,78	7,49	5,93
		Tiempo Observado (Costura)	3,27	3,09	4,04	3,85	3,90	2,64	3,88	3,50	3,52
		Tiempo Observado (Pulido)	5,06	6,04	6,54	6,86	7,88	6,42	6,51	6,57	6,49
		Valoración % (Manual)	95%	95%	105%	102%	94%	105%	100%	100%	Total 15,93
		Tiempo Normal	12,18	12,82	17,98	16,46	17,51	15,27	17,17	17,56	TN (Seg.) 31,74
Costura pélvica + pectoral * 2	V	Tiempo Observado (Alistamiento)	5,01	4,88	4,78	4,86	5,30	5,64	5,29	5,43	5,15
		Tiempo Observado (Costura)	15,42	15,19	14,49	14,67	14,91	15,46	14,23	14,73	14,89
		Tiempo Observado (Pulido)	19,40	18,35	19,55	20,25	18,24	18,79	18,46	19,24	19,04
		Valoración % (Proceso automático)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Costura de cierre Z * 2	W	Tiempo Observado (Alistamiento)	6,17	7,54	7,63	6,88	8,45	7,46	7,95	8,22	7,54
		Tiempo Observado (Costura)	8,13	11,4	9,87	10,8	8,55	10,5	9,72	9,34	9,78
		Tiempo Observado (Pulido)	10,73	11,98	9,64	12,76	9,02	10,6	10,6	10,5	10,73
		Valoración % (Manual)	105%	95%	100%	95%	102%	100%	100%	100%	Total 28,05
		Tiempo Normal	26,28	29,41	27,14	28,87	26,54	28,56	28,25	28,02	TN (Seg.) 55,77
TOTAL (Σ TN)											600,19 Seg.
TOTAL (Σ TN)											10,00 Min.
TOTAL (Σ TN)											0,17 Horas

Figura 15. Ensamble Final parte pélvica con parte pectoral (Operaciones “V” y “W”)



$$Tiempo Normal Arnés = TN_1 + TN_2 + TN_3$$

$$Tiempo Normal Arnés (TN) = 2,34 \text{ min} + 5,53 \text{ min} + 10,00 \text{ min}$$

$$Tiempo Normal Arnés (TN) = 17,87 \text{ min}$$

El estudio de tiempos para las otras líneas de producción arrojó los siguientes resultados:

$$Tiempo Normal Eslingas (TN) = 13,33 \text{ min (Ver anexo J)}$$

$$Tiempo Normal Anclajes (TN) = 1,61 \text{ min (Ver anexo K)}$$

$$Tiempo Normal líneas de vida (TN) = 1,91 \text{ min (Ver anexo L)}$$

7.2.3 Diagrama de flujo. El paso siguiente es construir el diagrama de flujo del proceso, donde se evidencian costos no productivos ocultos, generados por distancias recorridas, retrasos y almacenamientos de producto en proceso, entre otros. Este diagrama genera una mejor visión del proceso y permite visualizar oportunidades de mejora a lo largo del proceso.

En el desarrollo del diagrama de flujo del arnés fue necesario añadir los tiempos de transporte; estos fueron tomados en lotes de 50 unidades, ya que los arneses por lo general se producen por lotes de esa cantidad y se transportan en canastas. Entonces, el tiempo de transporte se dividió por 50 y se obtuvo el tiempo por un arnés.

El diagrama de flujo de proceso muestra de manera más específica el tiempo normal de producción de un producto completo, incluyendo los tiempos de transporte e inspecciones de materias primas y producto en proceso. De esta manera se determina que el tiempo normal total es de 18,2080 minutos y cada canasta con arneses recorre aproximadamente 42 metros en total a lo largo del proceso.

Cuadro 18. Diagrama de flujo de proceso del método actual

PROCESO: Arnés 50-12						TIPO: Flujo de material		MÉTODO: Actual
Descripción de la actividad	Símbolo					Tiempo (Seg.)	Distancia (m)	Método recomendado
Trasladar reata y herrajes a máquina zoje	○	⇒	D	□	△	0,10	2	Alistamiento previo de los requerimientos
Verificar dimensiones de la reata	○	⇒	D	□	△	5,00		El patinador la marca y el operario sólo debe coser
Pasar hebilla + Costura 150	○	⇒	D	□	△	31,78		Pulir mientras se cose, alistar por grupos de 50 unidades
Trasladar 150 + indicadores a máquina	○	⇒	D	□	△	0,10	2	Realizar esta actividad al inicio
Costura indicador	○	⇒	D	□	△	21,13		Realizar esta actividad al inicio
dobles y remate indicador	○	⇒	D	□	△	25,90		Realizar esta actividad al inicio
Trasladar 150 + 35 a máquina zoje	○	⇒	D	□	△	0,10	10	Se elimina puesto que ya todo está previamente listo
Costura 150 + Azul 35	○	⇒	D	□	△	50,04		Pulir mientras se cose, alistar por grupos de 50 unidades
Ensamble mariposa	○	⇒	D	□	△	14,24		Siempre lo debe realizar el patinador
Trasladar reata y herrajes a máquina zoje	○	⇒	D	□	△	0,10	2	Se elimina puesto que ya todo está previamente listo
Verificar dimensiones de la reata	○	⇒	D	□	△	5,00		El patinador la marca y el operario sólo debe coser
Pasar hebilla + Costura 192 + Pasador	○	⇒	D	□	△	31,78		Pulir mientras se cose, acomodar el pasador
Trasladar reata de 16 a máquina Ivomaq	○	⇒	D	□	△	0,10	6	Hacer a la par con la actividad de arriba
Dobles y remate reata de 16	○	⇒	D	□	△	21,13		Hacer a la par con la actividad de arriba
Trasladar 192 + etiquetas a máquina Ivomaq	○	⇒	D	□	△	0,10	2	
Costura etiqueta	○	⇒	D	□	△	22,63		
Ensamble pectorales con mariposa + argolla Dorsal	○	⇒	D	□	△	38,26		Siempre lo debe realizar el patinador
Trasladar pectoral a máquina zoje	○	⇒	D	□	△	0,10	1	
Costura 192 + Azul 35	○	⇒	D	□	△	43,79		
Ensamble manual	○	⇒	D	□	△	26,35		
Trasladar pectoral a Keestar + hebilla corredera	○	⇒	D	□	△	0,10	1,5	
Costura corredera + 150	○	⇒	D	□	△	58,11		
Ens. manual 192 + Frontal + pasador	○	⇒	D	□	△	57,88		
Trasladar pectoral a Ivomaq	○	⇒	D	□	△	0,10	2,5	
Remate*2	○	⇒	D	□	△	39,97		

Cuadro 18. (Continuación)

Trasladar reata y herrajes a máquina keestar	○	⇒	D	□	△	0,10	10,5	
Verificar dimensiones de la reata	○	⇒	D	□	△	5,00		El patinador la marca y el operario sólo debe coser
Costura reata 330 + verde 90	○	⇒	D	□	△	55,81		
Costura 330 + hebilla * 2	○	⇒	D	□	△	47,11		
Costura + argolla D lateral * 2	○	⇒	D	□	△	103,65		
Costura de cierre * 2	○	⇒	D	□	△	89,08		
Trasladar pélvica + Reatas de 7 a Ivomaq	○	⇒	D	□	△	0,10	0,5	
Cuadros * 2	○	⇒	D	□	△	76,89		Realizar en keestar con soporte que levante la reata
Ensamble manual puntas 330	○	⇒	D	□	△	62,00		
Remate de puntas 330 * 2	○	⇒	D	□	△	31,74		
Trasladar pélvica + pectoral a Zoje	○	⇒	D	□	△	0,10	1	
Costura de cierre pélvica + pectoral * 2	○	⇒	D	□	△	78,14		
Trasladar arnés a Ivomaq	○	⇒	D	□	△	0,10	1	
Costura en Z*2	○	⇒	D	□	△	55,77		
Tiempo (Seg)	1090,84	1,30	0	15,00	0	1094,48	42,00	metros para 50 arneses
Tiempo (Min)	18,18	0,02	0,00	0,25	0,00	18,2413	0,84	metros por arnés

7.2.4 Cálculo del tiempo estándar. El siguiente paso fue definir el tiempo estándar, para lo cual fue necesario obtener los tiempos suplementarios de trabajo.

7.2.4.1 Suplementos de trabajo. Los suplementos laborales se basan en factores que afectan la productividad, basados en las condiciones del entorno laboral y las necesidades básicas de una persona.

Suplementos de trabajo (K): estos suplementos se dividen en constantes y variables. Los constantes se refieren a la fatiga básica y a las necesidades personales, mientras que los variables son aquellos que dependen del entorno laboral de la planta; por dicha razón, se tuvo que evaluar el entorno laboral y estimar los suplementos que se deben tomar en cuenta para determinar los tiempos estándar de producción, basándose principalmente en la tabla de

suplementos de trabajo del libro de Niebel²⁵ fundamentado en los criterios la Organización Internacional del Trabajo.

Fatiga básica: es un factor necesario para descontar tiempos utilizados para recuperar la energía utilizada para llevar a cabo el trabajo. Se considera beneficioso asignar un 4% de fatiga para trabajo sentado, en buenas condiciones y sin exigencias especiales, tal como el trabajo realizado en la planta estudiada. Por ende, se partirá del 4% para determinar los demás suplementos.

Necesidades personales: para estas necesidades se considera beneficioso asignar un 5% de suplementos; pero, en el caso de la planta se analizaron todas las posibles pausas realizadas por los operarios en una jornada laboral. Para empezar, en la planta se realiza una pausa activa de 5 minutos en la mañana y otra en la tarde, también se debe tomar en cuenta una posible necesidad fisiológica a la cual se le dará un tiempo 5 minutos; además de un tiempo de 5 minutos que se otorga en las mañanas para desayunar, para un total de 20 minutos que equivalen aproximadamente a un 4,2% de las horas diarias de trabajo en la planta.

Es importante considerar que en los puestos de trabajo estudiados existe una vibración constante de la máquina y ruido continuo de bajos dB a lo que se le asigna un 2%. También se debe considerar el calor en el área y la falta de entradas de aire que representan un suplemento al que se le dará un valor del 1%; en este caso establecido por el observador. Tales factores que en conjunto suman en total un 3%.

Por otro lado, la actividad de coser resulta monótona y se debe observar como un suplemento variable, por lo tanto se le debe asignar un valor de 1% cuando se considera de nivel medio. El suplemento de la fuerza muscular no aplica de acuerdo con Niebel²⁶ debido a que los pesos de los arneses, eslingas y absorbedores son menores de 2 kilogramos (Aprox. 4 libras).

Para el patinador, su trabajo no es monótono pero si debe levantar cajas con herrajes y cuerdas para líneas de vida con pesos entre 4 y 5 Kilogramos (Aprox. 10 libras), por lo tanto se mantiene el 1% adicional de suplementos variables por el uso de la fuerza y otro 2% por trabajar de pie que remplaza el 2% por el ruido y la vibración continua de las máquinas, ya que no debe soportar esta condición de

²⁵ NIEBEL, Op. cit., p 384.

²⁶ NIEBEL, Op. cit., p 386.

forma directa. Por lo tanto el porcentaje de suplementos apropiado para encontrar el estándar del tiempo de producción de la planta CINAR es de **12,2%** tanto para los operarios en máquina como para el patinador.

Para continuar con el estudio se calculará el tiempo estándar de producción, partiendo del tiempo normal establecido anteriormente y de los suplementos que se acaban de describir equivalentes al **12,2%**.

Suplementos (K):

$$K = TN \times K\% = 18,2 \text{ min} \times 0,1220 \text{ min} = 2,2214 \text{ min}$$

Tiempo estándar (TS):

$$TS = TN + K = 18,2 \text{ min} + 2,2214 \text{ min} = 20,4294 \text{ min}$$

Para las otras líneas de producción el tiempo estándar es el siguiente:

Tiempo estándar de producción de la eslinga:

$$K = TN \times K\% = 13,3656 \text{ min} \times 0,1220 \text{ min} = 1,6306 \text{ min}$$

$$TS = TN + K = 13,3656 \text{ min} + 1,6306 \text{ min} = 14,9962 \text{ min}$$

Tiempo estándar de producción del anclaje:

$$K = TN \times K\% = 1,6071 \text{ min} \times 0,1220 \text{ min} = 0,1961 \text{ min}$$

$$TS = TN + K = 1,6071 \text{ min} + 0,1961 \text{ min} = 1,8032 \text{ min}$$

Tiempo estándar de producción de la línea de vida:

$$K = TN \times K\% = 1,9028 \text{ min} \times 0,1220 \text{ min} = 0,2321 \text{ min}$$

$$TS = TN + K = 1,9028 \text{ min} + 0,2321 \text{ min} = 2,1350 \text{ min}$$

El paso siguiente es analizar la eficiencia de las líneas de producción para observar tiempos de inactividad y desarrollar el balanceo de líneas.

7.2.5 Descripción de las estaciones de trabajo. En principio, las líneas están conformadas en total por 6 operarios, los cuales tienen funciones diferentes de acuerdo a las necesidades de cada proceso. En primer lugar, se cuenta con un “patinador” encargado de distribuir los materiales necesarios a los puestos de trabajo y llevar el producto en proceso de una máquina a otra, para que los operarios que cosen no tengan que retirarse de las máquinas y así, no se desperdicie tiempo de producción.



En segundo lugar, se tienen 3 operarios para 5 máquinas planas automáticas Keestar encargados de realizar costuras triples; en especial de la parte pélvica del arnés, eslingas, absorbedores y líneas de vida. Al mismo tiempo, se cuenta con una persona ubicada en una máquina plana automática Zoje, que se encarga de costuras dobles, principalmente de la parte pectoral del arnés.

Finalmente, se encuentra un operario de máquina de punto fijo Ivomaq, encargado de realizar remates y costuras que requieren de habilidad manual o que presentan dificultades para ser realizadas en máquinas automáticas.

Los puestos de trabajo descritos corresponden a estaciones, debido a que en cada uno se realiza una parte diferente del proceso. En la primera estación se ubica el patinador; que se encarga del alistamiento, el transporte de material, las mediciones, los ensambles manuales y el empaque. En la siguiente estación se trabajan costuras triples con la máquina Keestar, que se especializa en costura pesada. La estación de costuras dobles se realiza en la máquina Zoje y por último, se ubica la estación de remates y costuras complejas realizadas en la máquina Ivomaq.

Este proceso se realiza por lotes en estaciones especializadas en operaciones de diferentes características; por ende, las estaciones no se ubican en línea y cada una trabaja simultáneamente en diferentes partes de los productos que luego son ensambladas.

Cuadro 19. Estaciones de trabajo del método actual

ESTACIÓN DE TRABAJO	IMAGEN	DESCRIPCIÓN
ESTACIÓN DE ENSAMBLE		Puesto de trabajo encargado del alistamiento de material y de intervenir a lo largo del proceso para realizar ensambles manuales.
ESTACIÓN DE COSTURA PESADA (KEESTAR)		Estación donde se realizan costuras triples, en especial de la parte pélvica del arnés.
ESTACIÓN DE COSTURA LIVIANA (ZOJE)		Estación de costuras dobles, donde se realizan costuras de la parte pectoral y del arnés ya ensamblado.
ESTACIÓN DE REMATES (IVOM AQ)		Estación de trabajo donde se realiza costura de todo tipo y remates.

Ya definidas las estaciones de trabajo, se realiza la suma de los tiempos estándar de las operaciones que se realizan en cada una de ellas para determinar la eficiencia de la línea de producción de arneses.

Cuadro 20. Tiempo Estándar de producción de un arnés

Estación	Operaciones	TN (SEG)	TN (MIN)	K	TS (MIN)
Zoje	F-A-D-J-V	241,85	4,0308	0,4918	4,5226
Ivo	B,C-G-H-S-N-U-W	296,80	4,9467	0,6035	5,5502
Keestar	O-P-Q-R-L	359,33	5,9888	0,7306	6,7195
Patinador	E-I-K-M-T	194,50	3,2417	0,3955	3,6372
		Total	18,2080	2,2214	20,4294

En el cuadro se observa que existe un desbalance entre los tiempos de cada estación para la realización de un arnés, esto provoca ineficiencia en la línea de producción y genera inventarios de producto en proceso, ya que se tienen cuellos de botella que no permiten un flujo continuo de las partes del arnés.

Cuadro 21. Tiempo de inactividad de cada operario

Operario	TS (Min)	Tiempo inactivo (Min)	Tiempo pagado TP (Min)
Zoje	4,5226	2,1968	6,7194
Ivo	5,5502	1,1693	6,7194
Keestar	6,7195	0,0000	6,7194
Patinador	3,6372	3,0823	6,7194
Total	20,4294		26,8778

Estos tiempos de inactividad no se reflejan en tiempo ocioso por parte de los operarios, puesto que siempre se tienen piezas para coser o en el caso del patinador, actividades complementarias por realizar; pero, sí se ven reflejados en el exceso de inventario de producto en proceso y la escasez de algunas partes para el ensamble del arnés. Por ejemplo; el operario de la máquina Zoje realiza 100 partes pectorales completas en un día, mientras que en la máquina Keestar se realizan 50 partes pélvicas, generando que la capacidad diaria sea de sólo 50 arneses y que se acumule inventario de la parte pectoral.

7.2.5.1 Capacidad actual de las líneas. Para determinar la eficiencia actual de la línea se relaciona el tiempo de producción de una unidad terminada sobre el tiempo real pagado para producirla, estos factores se representan mediante el tiempo de producción estándar total *TS* y la sumatoria de los tiempos pagados *TP* respectivamente.

$$Eficiencia\ de\ la\ línea\ (E) = \frac{\sum TS}{\sum TP} \times 100 = \frac{20,44294}{26,8779} \times 100$$

$$Eficiencia\ de\ la\ línea\ (E) = 76,01\%$$

La eficiencia del 76,01% en la línea de arneses expresa que con el método actual se utiliza el 23,99% del tiempo de producción en generar inventarios ineficientes de algunas partes del arnés. El paso siguiente es determinar la capacidad actual de producción de la planta para saber los requerimientos reales una vez se determine la producción deseada. En este contexto es importante explicar que el tiempo de ciclo del producto está determinado por el tiempo estándar más alto, que pertenece a la estación de costura pesada trabajada en la máquina *Keestar*, que es el actual cuello de botella en el proceso de fabricación de los arneses.

$$Capacidad\ actual\ de\ producción\ (C) = \frac{Tiempo\ disponible}{Tiempo\ de\ ciclo}$$

$$Capacidad\ actual\ de\ producción\ (C) = \frac{8 \frac{horas}{día} \times 60 \frac{min}{hora}}{Tiempo\ de\ ciclo}$$

$$C = \frac{8 \frac{horas}{día} \times 60 \frac{min}{hora}}{6,7195 \frac{min}{Arnés}}$$

$$C = 71,43 \frac{Arneses}{día} \simeq 71 \frac{Arneses}{día}$$

$$C = 71 \frac{Arneses}{día} \times 24 \frac{días}{mes} = 1704 \frac{Arneses}{mes}$$

De acuerdo con el cálculo realizado, la capacidad actual de producción de la planta CINAR es de 1704 arneses por mes; sin embargo, se debe resaltar que existen otras referencias en esta línea que tienen procedimientos diferentes, a los cuales no se les ha hecho un estudio de tiempos; que en su momento debe ser realizado para determinar el estándar para cada referencia y programar la producción con una mayor precisión.

Por otro lado, para continuar con el cálculo de la capacidad actual de producción de la planta, se debe mencionar que el proceso de fabricación de las eslingas es realizado en dos máquinas *Keestar*, una de ellas encargada de la producción de absorbedores y la otra del resto del proceso. Finalmente, en lo que se refiere líneas de vida y anclajes, cabe señalar que son productos con procesos cortos que pueden ser realizados ambos por sólo un operario, debido a su baja demanda por lo cual se producen actualmente por pedido.

Cuadro 22. Tiempo Estándar de producción de una eslinga

Estación	Operaciones	TN (SEG)	TN (MIN)	K	TS (MIN)
Keestar - Absorbedor	A	513,96	8,5661	1,0451	9,6111
Keestar– Eslinga	B-C-D-E-F	287,97	4,7995	0,5855	5,3850
		TOTAL	13,3656	1,6306	14,9962

Capacidad actual de producción de eslingas:

$$Capacidad\ actual\ de\ producción\ (C) = \frac{8 \frac{horas}{día} \times 60 \frac{min}{hora}}{Tiempo\ de\ ciclo}$$

$$C = \frac{8 \frac{horas}{día} \times 60 \frac{min}{hora}}{9,61 \frac{min}{Eslinga}}$$

$$C = 49,94 \frac{Eslingas}{día} \simeq 49 \frac{Eslingas}{día}$$

$$C = 49 \frac{Eslingas}{día} \times 24 \frac{días}{mes} = 1198 \frac{Eslingas}{mes}$$

Cuadro 23. Tiempo Estándar de producción de anclajes

Estación	Operaciones	TN (SEG)	TN (MIN)	K	TS (MIN)
Keestar– Anclajes	A-B	96,43	1,6071	0,1961	1,8032

$$C = \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{1,80 \frac{\text{min}}{\text{Anclaje}}}$$

$$C = 266,19 \frac{\text{Anclajes}}{\text{día}} \simeq 266 \frac{\text{Anclajes}}{\text{día}}$$

$$C = 267 \frac{\text{Anclajes}}{\text{día}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = 6384 \frac{\text{Anclajes}}{\text{mes}}$$

Cuadro 24. Tiempo Estándar de producción líneas de vida

Estación	Operaciones	TN (SEG)	TN (MIN)	K	TS (MIN)
Keestar - Líneas de vida	A	114,17	1,9028	0,2321	2,1350

$$C = \frac{8 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}}{2,13 \frac{\text{min}}{\text{Línea de vida}}}$$

$$C = 224,82 \frac{\text{Líneas}}{\text{día}} \simeq 224 \frac{\text{líneas}}{\text{día}}$$

$$C = 224 \frac{\text{líneas}}{\text{día}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{mes}} = 5376 \frac{\text{Líneas}}{\text{mes}}$$

De acuerdo al cálculo realizado, la capacidad mensual de producción actualmente de la planta CINAR es de 1198 eslingas. Esta cantidad no cumple con la proyección requerida de 1772 eslingas; ya que es insuficiente. Por el lado de los anclajes y las líneas de vida, son productos con una demanda baja y con tiempos cortos de fabricación; por lo tanto se fabrican por pedido. Por esta razón, se deben analizar la posibilidad de utilizar los tiempos inactivos de los operarios para la producción de estas 2 líneas, partiendo del balanceo de líneas.

7.2.6 Descripción del método recomendado. Para desarrollar el método recomendado se deben aplicar diferentes metodologías que abarcan una serie de cambios significativos en la manera en que se llevan a cabo los procesos de la planta CINAR actualmente. Estos métodos de trabajo hacen parte del modelo de gestión denominado *lean manufacturing*, que significa: Manufactura ajustada. Este modelo se enfoca en agregar al producto el máximo valor para el cliente utilizando los recursos mínimos necesarios y se ajusta claramente a las necesidades

expuestas por la empresa. En este caso se tomará como referencia la información encontrada en la tesis *"Implementation of Lean Manufacturing Tools in Garment Manufacturing Process Focusing Sewing Section of Men's"* de Naresh Paneru²⁷.

Cuando la gerencia decida implementar estas metodologías en la empresa debe ser consciente que es un camino largo y complicado, que debe sostenerse día a día con disciplina y paciencia; pero si se logra implementar se obtendrán resultados satisfactorios y la empresa llegará a ser más competitiva.

7.2.6.1 SMED. La primera metodología a implementar es el SMED, acrónimo de *single-minute Exchange of die*, que significa: Cambio de herramienta en un solo dígito de minutos. Este método busca disminuir el tiempo de ajustes y cambios de la maquinaria; ya que en CINAR se requiere un proceso en el cual se debe complementar el tiempo de trabajo de las máquinas con las operaciones de los operarios que las manejan para optimizar cada actividad, este método se ajusta a tal necesidad.

En el caso de la planta CINAR se debe calcular el tiempo empleado en los cambios de una máquina a otra, así como los tiempos necesarios para cambiar de costura en una misma máquina y los tiempos utilizados por los operarios en operaciones que interfieren con el funcionamiento continuo de las máquinas.

Operaciones de alistamiento y cambio de herramienta:

- Alistamiento de reata, hebillas plásticas y herrajes
- Alistamiento del hilo y de herramientas de pulido
- Realizar medidas de la reata
- Marcar la reata
- Colocar hebillas en la reata
- Realizar ensambles manuales
- Realizar pulido

²⁷PANERU, Op. cit., p 22.

De las anteriores operaciones algunas son internas, debido a que al ser realizadas el operario debe parar la máquina; mientras que las otras son externas, ya que el operario las puede realizar mientras la máquina está realizando la costura, o en algunos casos se pueden realizar en otra estación al mismo tiempo en que se realiza la costura.

Operaciones de alistamiento internas:

- Colocar hebillas en la reata
- Realizar ensambles manuales
- Realizar pulido
- Quemar puntas del hilo
- Programar patrón a utilizar

Operaciones de alistamiento externas:

- Alistamiento de reata, hebillas plásticas y herrajes
- Alistamiento del hilo, herramientas de pulido
- Orden de producción
- Empaque

Para reducir los tiempos de producción se ha definido que las operaciones internas se deben realizar de la siguiente manera:

- Aseo y orden del puesto de trabajo: se debe definir un día a la semana antes de iniciar labores de trabajo.
- Mantenimiento preventivo de la máquina: el aceitado se debe realizar periódicamente de acuerdo a la necesidad de cada máquina, en la pausa donde se realiza el aseo del puesto de trabajo.

- Alistamiento interno (realizar medidas de la reata, marcar la reata, colocar hebillas en la reata, realizar ensambles manuales, realizar pulido y quemar puntas del hilo): estas actividades deben ser hechas por el operario patinador encargado del alistamiento y el traslado de los materiales.

- Programar patrón a utilizar: el operario debe tener claro el patrón que necesita cuando va a cambiar de costura, mediante una capacitación de todos los patrones utilizados y una previa programación.

Con las recomendaciones anteriores la gran mayoría de las operaciones internas pasarán a ser externas, ya que serían realizadas por un operario externo al proceso de costura mientras que el operario encargado de la máquina realiza un proceso continuo sin que la máquina tenga pausas.

Por el lado de las operaciones externas, deben ser realizadas de la siguiente manera:

- Alistamiento externo (Alistamiento de material): el alistamiento de la reata, las hebillas y los hilos debe ser realizado de acuerdo al tamaño de los lotes con una previa programación. De esta forma se disminuirá el tiempo de alistamiento y por ende, mejorarán los tiempos de producción.

- Orden de producción: esta orden debe ser realizada de acuerdo a la programación establecida y con ella se deben alistar previamente todos los requerimientos de producción.

Con el SMED se busca disminuir el tiempo de alistamiento y eliminar pausas innecesarias en el proceso mediante unos parámetros de producción bien definidos. Es importante resaltar que la programación de la producción es la base de las actividades internas y externas; por lo tanto, se debe implementar un plan de trabajo que incluya la programación para que el flujo de los procesos sea continuo y no se presenten demoras imprevistas.

7.2.6.2 TPM. Otra metodología importante para aplicar en la planta es el TPM, que significa *Total Productive Maintenance*, y se traduce al español como mantenimiento productivo total. Esta metodología complementa al SMED y se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, costos y calidad en los procesos industriales.

Uno de los objetivos del TPM es reducir pérdidas; por ende, se debe partir de la identificación de los diferentes tipos de pérdidas para poder asociar y aplicar esta metodología en la planta de producción CINAR. En total son seis pérdidas:

- Pérdidas por avería en los equipos
- Pérdidas debidas a preparaciones
- Pérdidas provocadas por tiempo de ciclo vacío y paradas cortas
- Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida
- Pérdidas por defecto de calidad
- Recuperaciones y reprocesado

En la planta de producción CINAR se puede aplicar esta metodología empezando por el análisis del estado actual de los equipos. Una gran parte de estos está descompuesta y se necesita un plan de acción que trabaje en los 6 tipos de pérdidas para disminuir desperdicios de tiempo, mejorar la comodidad de los puestos de trabajo y fomentar el trabajo en equipo. Este método se puede trasladar a las demás plantas y a la parte administrativa, convirtiéndolo en una política de la empresa que genere una mejora continua.

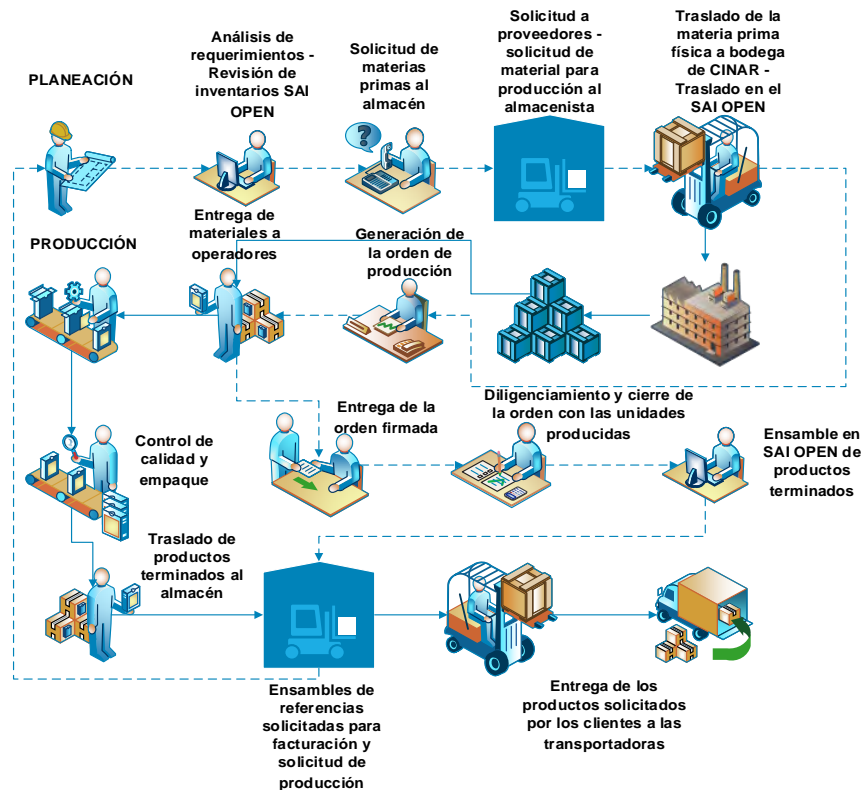
Para aplicar el TPM se debe integrar a todas las áreas de la empresa desde los operarios hasta la gerencia; ya que involucrando a todos los niveles de la cadena productiva se busca que estos se den cuenta cuán importante es el proceso del que hacen parte y cómo sus esfuerzos llevan al cumplimiento de las metas, asignándoles responsabilidades para alcanzar las proyecciones establecidas. Para aplicar esta herramienta en CINAR se requiere inicialmente de un integrante del área de mantenimiento encargado del buen estado de la maquinaria al interior de la planta y su funcionamiento; el cual debe trabajar en equipo con los operarios y mantener informado al jefe de mantenimiento de los requerimientos y los repuestos necesarios para cada máquina y para cada puesto de trabajo.

7.2.6.3 Gestión visual. Otra metodología importante que se debe implementar para mejorar la eficiencia de las operaciones en la planta es la “Gestión visual”. Una herramienta basada en la identificación inmediata de los estándares de producción, haciendo evidente la presencia de errores, para tener una capacidad de respuesta inmediata ante cualquier eventualidad.

Información requerida para la implementar la gestión visual en la planta:

- Estándar de producción (Instrucciones visuales y procedimientos claros)
- Indicadores de producción fijados periódicamente frente al objetivo
- Indicadores de inventarios frente a mínimos y máximos establecidos
- Observaciones a tener en cuenta en siguientes turnos de trabajo
- Estado de planes de acción en curso sobre problemas detectados
- Capacitación del personal para realizar los trabajos propios del puesto
- Indicadores de orden y limpieza
- Indicadores de calidad (porcentaje de defectuosos, reprocesos)
- Medidas a tomar en el caso de desviaciones (acciones correctivas)

Figura 16. Gestión visual - Procedimiento de producción CINAR



Con la gestión visual aplicada a los procesos productivos de la planta será más sencillo para directivos y operarios comprender el paso a paso de la fabricación de cada producto y los lineamientos que se deben seguir para cumplir con las normas de calidad establecidas; a su vez, será más fácil identificar los errores y corregirlos a tiempo. Finalmente los trabajadores serán conscientes de su desempeño y de las metas de producción que deben lograr.

7.2.7 Aplicación del método recomendado al proceso. A partir de las recomendaciones establecidas, se recalcularon los tiempos de producción modificando algunas operaciones del proceso.

Cuadro 25. Diagrama de flujo Método Recomendado

PROCESO: Arnés 50-12						TIPO: Flujo de material		MÉTODO: MEJORADO
Descripción de la actividad	Símbolo					Tiempo (Seg.)	Distancia (m)	Método recomendado
Pasar hebilla + Costura 150	○	⇒	D	□	△	21,13		Pulir mientras se cose, alistar por grupos de 50 unidades
Trasladar 150 + indicadores a máquina Ivomaq	○	⇒	D	□	△	0,10	2	Realizar esta actividad al inicio
Costura indicador	○	⇒	D	□	△	17,94		Realizar esta actividad al inicio
dobles y remate indicador	○	⇒	D	□	△	18,28		Realizar esta actividad al inicio
Trasladar 150 + 35 a máquina zoje	○	⇒	D	□	△	0,10	10	Se elimina puesto que ya todo está previamente listo
Costura 150 + Azul 35	○	⇒	D	□	△	35,70		Pulir mientras se cose, alistar por grupos de 50 unidades
Ensamble mariposa	○	⇒	D	□	△	13,64		Siempre lo debe realizar el patinador
Trasladar reata y herrajes a máquina zoje	○	⇒	D	□	△	0,10	2	Se elimina puesto que ya todo está previamente listo
Pasar hebilla + Costura 192 + Pasador	○	⇒	D	□	△	32,47		Pulir mientras se cose, acomodar el pasador
Trasladar reata de 16 a máquina Ivomaq	○	⇒	D	□	△	0,10	6	Hacer a la par con la actividad de arriba
Dobles y remate reata de 16	○	⇒	D	□	△	20,89		Hacer a la par con la actividad de arriba
Trasladar 192 + etiquetas a máquina Ivomaq	○	⇒	D	□	△	0,10	2	
Costura etiqueta	○	⇒	D	□	△	22,46		
Ensamble pectorales con mariposa + argolla Dorsal	○	⇒	D	□	△	36,77		Siempre lo debe realizar el patinador
Trasladar pectoral a máquina zoje	○	⇒	D	□	△	0,10	1	
Costura 192 + Azul 35	○	⇒	D	□	△	29,82		
Ensamble manual	○	⇒	D	□	△	26,16		
Trasladar pectoral a Keestar + hebilla corredera	○	⇒	D	□	△	0,10	1,5	
Costura corredera + 150	○	⇒	D	□	△	44,00		
Ens. manual 192 + Frontal + pasador	○	⇒	D	□	△	57,28		
Trasladar pectoral a Ivomaq	○	⇒	D	□	△	0,10	2,5	

Cuadro 25. (Continuación)

Remate*2		D	□	△	21,97		
Trasladar reata y herrajes a máquina keestar		D	□	△	0,10	10,5	
Costura reata 330 + verde 90		D	□	△	39,19		
Costura 330 + hebilla * 2		D	□	△	65,15		
Costura + argolla D lateral * 2		D	□	△	76,94		
Costura de cierre * 2		D	□	△	69,18		
Trasladar pélvica + Reatas de 7 a Ivomaq		D	□	△	0,10	0,5	
Cuadros * 2		D	□	△	61,47		Realizar en keestar con soporte que levante la reata
Ensamble manual puntas 330		D	□	△	59,27		
Remate de puntas 330 * 2		D	□	△	18,32		
Trasladar pélvica + pectoral a Zoje		D	□	△	0,10	1	
Costura de cierre pélvica + pectoral * 2		D	□	△	39,80		
Trasladar arnés a Ivomaq		D	□	△	0,10	1	
Costura en Z*2		D	□	△	34,16		
Tiempo (Seg)	861,99	1,20	0,00	0,00	0,00	863,19	40,00 metros para 50 arneses
Tiempo (Min)	14,37	0,02	0,00	0,00	0,00	14,3865	0,80 metros por arnés

El diagrama muestra de manera específica el tiempo normal de producción de un arnés con el método mejorado, donde se reducen los tiempos de transporte y se eliminan tiempos de inspecciones de materias primas y producto en proceso. De esta manera se determina que el tiempo normal sería de 14,3865 minutos y cada canasta con arneses recorrería aproximadamente 40 metros en total a lo largo del proceso.

7.2.7.1 Capacidad mejorada de las líneas. A continuación, se calcula el nuevo tiempo estándar de fabricación del arnés, partiendo de los cambios definidos en el método recomendado.

Cuadro 26. Tiempo Estándar de producción de un arnés método mejorado

Estación	Operaciones	TN (SEG)	TN (MIN)	K	TS (MIN)
Zoje	F-A-D-J-V	164,10	2,7350	0,3337	3,0687
Ivo	B,C-G-H-S-N-U-W	205,50	3,4250	0,4179	3,8429
Keestar	O-P-Q-R-L	268,89	4,4815	0,5467	5,0282
Patinador	E-I-K-M-T	224,68	3,7446	0,4568	4,2015
	Total		14,3861	1,7551	16,1413

Cuadro 27. Tiempo de inactividad de cada operario

Operario	TS (Min)	Tiempo inactivo (Min)	Tiempo pagado TP (Min)
Zoje	3,0687	1,9596	5,0282
Ivo	3,8429	1,1854	5,0282
Keestar	5,0282	0,0000	5,0282
Patinador	4,2015	0,8267	5,0282
Total	16,1413		20,1130

$$Eficiencia\ de\ la\ línea\ (E) = \sum TS / \sum TP * 100 = (16.1413 / 20.1130) * 100$$

$$E = 80.25\%$$

De acuerdo con las especificaciones de método mejorado el proceso tiene ciertos cambios que permiten que los tiempos sean menores y la capacidad de producción aumente; pero se debe tener en cuenta que aún las líneas no están balanceadas, ya que la eficiencia de la línea se incrementa sólo en un 5%. Esto quiere decir que se incrementará la cantidad de arneses producidos, pero se seguirá presentando inventario de producto en proceso, generando costos de mantener inventario. Por lo tanto, después de aplicar el método mejorado se debe efectuar el balanceo de la línea.

$$Capacidad\ mejorada\ de\ producción\ (Cm) = (8horas * 60min/hora) / TC$$

$$Cm = (8horas/día * 60min/hora) / 5.0282min/arnés$$

$$Cm = 95.465\ Arneses/día \approx 95\ arneses/día$$

$$Cm = 95\ arneses/día * 24\ días/mes = 2280\ arneses/mes$$

Para explicar de una forma más visual el 80,25% de eficiencia de la línea de producción de arneses con el método propuesto, se realiza un diagrama de proceso de grupo, donde se evidencian los tiempos de inactividad o en este caso tiempos improductivos de cada estación, en los que se genera un desbalance de producción.

En el diagrama los espacios grises reflejan tiempos de espera para producir un arnés, esto significa que si se logran reducir al máximo estos tiempos muertos, el tiempo pagado va a ser semejante al tiempo estándar por unidad, mejorando la eficiencia de la línea y así mismo la productividad.

Cuadro 28. Diagrama de proceso de grupo Línea de arneses

Máquina	Operario de Zoje		Operario de Ivomaq		Operario de Keestar		Patinador				
Tiempo (Seg.)	Operación	Tiempo	Operación	Tiempo	Operación	Tiempo	Operación	Tiempo			
10	F	17,6									
20											
30											
40	A	38,7	B	36,2	O	39,2					
50											
60											
70											
80	D	74,4	H	79,6	P	73,8					
90											
100											
110						E	93,2				
120											
130											
140							I	130			
150	J	159,8			Q	150,7					
160											
170											
180							K	186			
190											
200											
210					R	219,9					
220											
230											
240						L	263,9				
250											
260											
270											
280											
290											
300											
310											
320							M	321,2			
330											
340											
350											
360											
370											
380											
390							T	380,5			
400											
410											
420	V	438,6									
430											
440											
450											
460											
470											
			W	472,8							

En el caso de las eslingas, además de implementar las herramientas del *lean manufacturing* abarcadas; tales como el SMED, el TPM y la Gestión Visual; la propuesta principal es la de fabricar los absorbedores en la planta de TEJIDOS de EPI, ubicada en una bodega en frente de la planta CINAR, la cual cuenta con un telar industrial que tiene una capacidad de producción mayor a la de una máquina de coser. De esta manera se terceriza esta actividad, eliminando el cuello de botella de esta línea de producción y fabricando los absorbedores de una manera más eficiente.

Figura 17. Telar para absorbedores



De esta manera el nuevo tiempo estándar y la capacidad mejorada del proceso de fabricación de las eslingas con el método recomendado serían los siguientes:

Cuadro 29. Tiempo Estándar de producción de una eslinga método mejorado

Estación	Operaciones	TN (SEG)	TN (MIN)	K	TS (MIN)
Keestar - Eslingas	B-C-D-E-F	287,97	4,7995	0,5855	5,3850

$$Capacidad\ mejorada\ de\ producción\ (Cm) = (8horas * 60min/hora) / TC$$

$$Cm = (8horas/día * 60min/hora) / 5.3850\ min/eslinga$$

$$Cm = 89.14\ eslingas/día \approx 89\ arneses/día$$

$$Cm = 89\ eslingas/día * 24\ días/mes = 2136\ eslingas/mes$$

7.2.8 Diseño del puesto de trabajo. Además de modificar algunas metodologías es necesario implementar mejoras en las estaciones de trabajo, partiendo de la programación de la producción para tener preparados los materiales e insumos requeridos una vez se vaya a iniciar la producción. Así mismo, los puestos de trabajo deben tener un mejor diseño donde se tengan diferentes compartimentos para herrajes, hilo y reata que desciendan por gravedad y eviten movimientos repetitivos.

Figura 18. Puesto actual



→ No se usa protección auditiva

→ La materia prima no tiene un lugar definido

→ Insumos sobrantes tirados en la mesa de trabajo

→ El ángulo de los brazos no es ergonómico

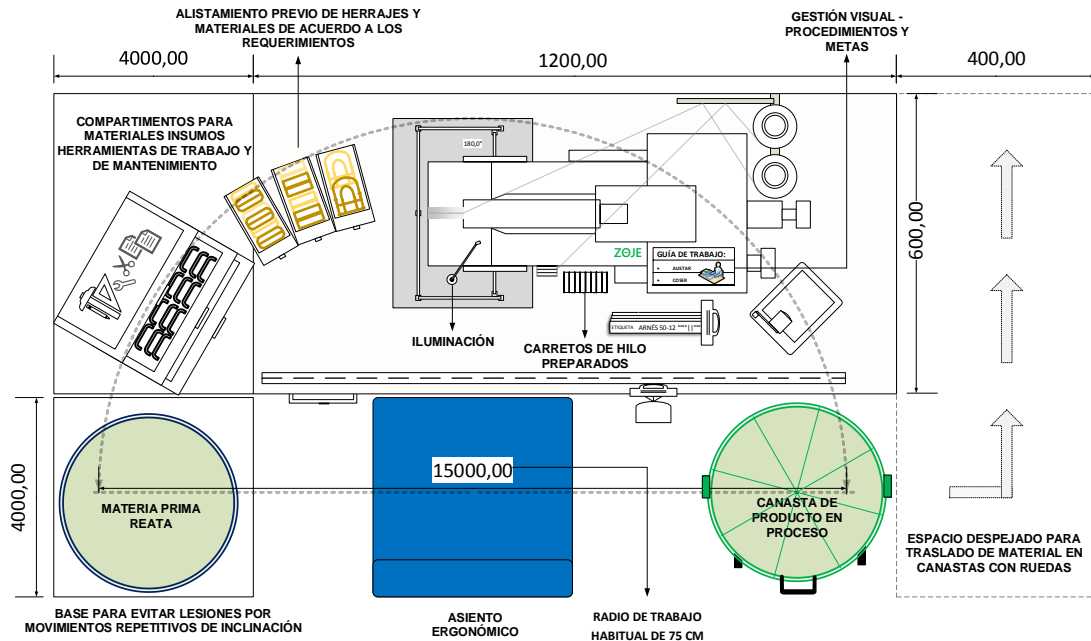
→ La silla no es adecuada

→ El producto en proceso está en el piso, es necesario inclinarse para alcanzarlo

En el puesto de trabajo actual se observan posiciones inadecuadas, movimientos repetitivos y otros factores que pueden generar problemas en el largo plazo; a dichos problemas se les llama “Desórdenes por trauma acumulativo” o DTA. Estos desórdenes se presentan como afecciones del sistema osteomuscular del cuerpo y provienen de los movimientos repetitivos e indebidos del cuerpo.

Por tal razón, se debe rediseñar el puesto de trabajo para generar un mejor entorno laboral y mantener saludables a los operarios de manera que se tenga una buena disposición y se produzca con mayor eficiencia.

Figura 19. Propuesta de diseño del puesto de trabajo



En la propuesta de diseño del puesto de trabajo se ha establecido una zona de trabajo habitual de 1.50 metros de diámetro; esta distancia hace referencia al promedio del alcance máximo del brazo extendido de los trabajadores de la planta, que es aproximadamente de 0.75 metros de longitud. Partiendo de esta medida, se ha realizado una distribución circular de materiales y herramientas; lo que hace que las operaciones se lleven a cabo sin sobreesfuerzos. De igual manera, se ha definido que la altura de la mesa de trabajo se debe ajustar a 0.75 metros, para que el ángulo de flexión de los brazos sea correcto. También se ha añadido una mesa de trabajo de 0.60 * 0.40 metros y 0.75 metros de altura para la ubicación de herramientas e insumos; y una base de 0.40 * 0.40 metros y 0.40 metros de altura para la reata, ya sea en bolsa, en caja o en ponchera plástica.

Por otra parte; es imprescindible el uso de audífonos, asientos ergonómicos, buena ventilación y bases para mantener los materiales a la altura adecuada evitando inclinaciones repetitivas. Finalmente, se ha aplicado la gestión visual en el diseño del puesto, mediante instrucciones de trabajo ubicadas en la mesa de trabajo. Así mismo, se ha definido la ubicación de las materias primas, el producto en proceso y el espacio establecido para el movimiento del producto; lo cual facilita el traslado de materiales y los movimientos de los operarios.

7.2.9 Balanceo de líneas. El paso siguiente es el balanceo de líneas, partiendo de la producción esperada (PE) determinada por el área de mercadeo de la empresa, además del tiempo estándar obtenido (TS) y el nivel de eficiencia (e) hallado mediante el promedio mensual de producción sobre la capacidad de producción mensual (C).

$$\begin{aligned} \text{Producción esperada (PE)} &= 2480 \text{ Arneses/mes} / (24 \text{ días/mes} * 8 \text{ horas/día}) \\ PE &= 12,917 \text{ Arneses/hora} \approx 13 \text{ Arneses/hora} \end{aligned}$$

$$\text{Tiempo estándar (TS)} = 16.1413 \text{ Minutos} = 0.269 \text{ horas}$$

$$\text{Nivel de eficiencia (e)}$$

$$\begin{aligned} e &= \text{promedio mensual de producción/capacidad mensual actual} = 1240/1704 \\ e &= 72.76\% \end{aligned}$$

7.2.9.1 Número de operarios requeridos. Para conocer el número de operarios y el tiempo disponible que tiene cada uno para producir una unidad con el objetivo de cumplir con la producción esperada; se debe calcular el tiempo estándar asignado con el fin de que todas las estaciones tengan una carga nivelada de trabajo.

$$\text{Número de operarios para la línea (N)} = TS \times PE / e$$

$$N = (0,269 \text{ horas} \times 12,917 \text{ Arneses/hora}) / 0,727$$

$$N = 4,775 \text{ Operarios} \approx 5 \text{ operarios}$$

7.2.9.2 Nivelación de cargas

$$\begin{aligned} \text{Tiempo estándar asignado} &= (\text{Tiempo disponible/hora}) / (\text{producción requerida /hora}) \\ &= (60 \text{ min/hora}) / (13 \text{ arneses/hora}) \end{aligned}$$

$$\text{Tiempo estándar asignado} = 4,615 \text{ min/arnés}$$

$$\text{Tiempo estándar asignado (Seg)} = 4,615 \text{ min} * 60 \text{ segundos/min}$$

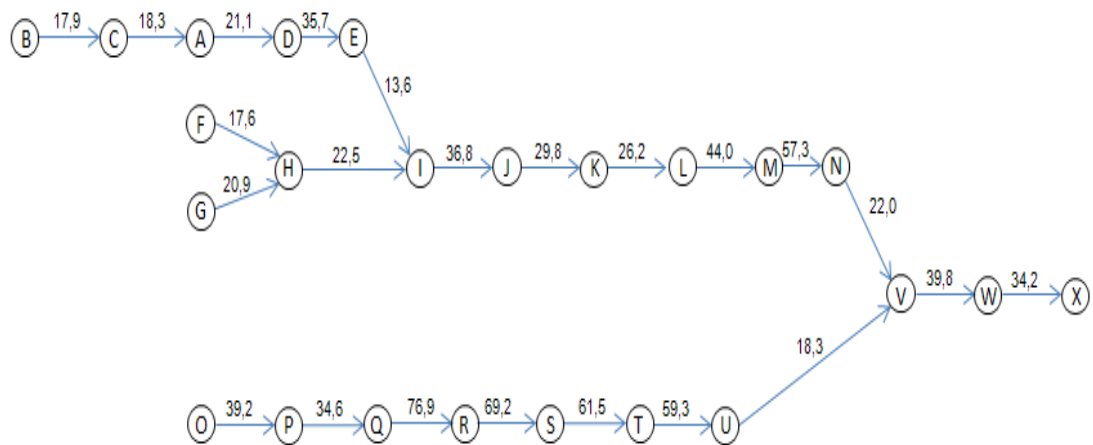
$$\text{Tiempo estándar asignado} = 267 \text{ segundos/arnés}$$

A continuación, se clasifican las actividades realizadas y sus respectivas predecesoras para realizar el diagrama de precedencia y definir las actividades por estación.

Cuadro 30. Precedencia del método propuesto

Actividad	Tiempo (Seg.)	Predecesora
A	21,10	C
B	17,94	-
C	18,28	B
D	35,70	A
E	13,60	D
F	17,60	-
G	20,90	-
H	22,50	F,G
I	36,80	E,H
J	29,80	I
K	26,20	J
L	44,00	K
M	57,30	L
N	22,00	M
O	39,19	-
P	34,60	O
Q	76,90	P
R	69,20	Q
S	61,50	R
T	59,30	S
U	18,30	T
V	39,80	N,U
W	34,20	V

Figura 20. Diagrama de precedencia



Con el objetivo de asignar las actividades del proceso a los diferentes puestos de trabajo de una manera viable y práctica, se debe definir qué máquinas pueden realizar cada actividad, ya que cada tipo de máquina presenta diferentes restricciones.

La máquina Keestar puede realizar costuras triples y dobles, pero no está diseñada para cortar el hilo. La máquina Zoje realiza costuras dobles y corta el hilo, pero no puede realizar costuras triples; mientras que la Ivomaq tiene la capacidad realizar todo tipo de costuras, pero no corta el hilo y depende de la habilidad manual del operario; además no permite realizar operaciones simultáneas a la costura, ya que requiere la disposición de ambas manos.

Cuadro 31. Máquinas por costura

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	PATRÓN	MÁQUINAS		
			Zoje	Ivomaq	Keestar
A	Costura doble	102			
B	Costura simple	Línea			
C	Remate	Doble línea			
D	Costura doble	102			
E	Ensamble manual	NA			
F	Costura doble	102			
G	Remate	Doble línea			

Cuadro 31. (Continuación)

H	Costura doble	Línea		Ivomaq	
I	Ensamble manual	NA			
J	Costura doble	102	Zoje	Ivomaq	Keestar
K	Ensamble manual	NA			
L	Costura triple	102		Ivomaq	Keestar
M	Ensamble manual	NA			
N	Remate	Doble línea		Ivomaq	
O	Costura triple	101		Ivomaq	Keestar
P	Costura doble	102	Zoje	Ivomaq	Keestar
Q	Costura triple	103		Ivomaq	Keestar
R	Costura doble	102	Zoje	Ivomaq	Keestar
S	Costura triple	107		Ivomaq	Keestar
T	Ensamble manual	NA			
U	Remate	Línea		Ivomaq	
V	Costura doble	108	Zoje	Ivomaq	Keestar
W	Cierre	106		Ivomaq	

Primero se organizan las operaciones de acuerdo a su número de actividades subsecuentes para definir el orden en que deben ser realizadas; después se define en qué estación se hará cada operación partiendo del tiempo máximo permitido, que es de 267 segundos por unidad.

Cuadro 32. Secuencia propuesta de las operaciones

Orden	Actividad	Tiempo (Seg.)	Subsecuentes
1	B,C	36,20	11
2	A	21,10	10
3	D	35,70	9
4	F	17,60	9
5	G	20,90	9
6	E	13,60	8

Cuadro 32. (Continuación)

7	H	22,50	8
8	O	39,19	8
9	I	36,80	7
10	P	34,60	7
11	J	29,80	6
12	Q	42,20	6
13	K	26,20	5
14	R	69,20	5
15	L	44,00	4
16	S	61,50	4
17	M	57,30	3
18	T	59,30	3
19	N	22,00	2
20	U	18,30	2
21	V	39,80	1
22	W	34,20	0

Cuadro 33. Líneas de producción balanceadas

ESTACIÓN	RECORRIDO	TN (Seg)	TN (Min)	K	TS (Min)	Tiempo inactivo (Min)	Tiempo pagado (Min)
Zoje	F-A-D-J-Q-V	186,20	3,10	0,38	3,48	0,55	4,03
Ivomaq	B,C-G-H-S-N-U-W	215,60	3,59	0,44	4,03	0,00	4,03
Keestar	O-P-R-L	186,99	3,12	0,38	3,50	0,53	4,03
Patinador	E-I-K-M-T	193,20	3,22	0,39	3,61	0,42	4,03
	Total	781,99	13,033	1,59	14,62		16,13

$$Eficiencia\ de\ la\ línea\ (E) = \sum TS / \sum TP * 100 = (14.62/16.13) * 100$$

$$E = 90.67\%$$

El número teórico de trabajadores requeridos para la línea es de 4 operarios, o sea 1 por cada estación; pero, teniendo en cuenta el nivel de eficiencia actual de la planta igual al 72.76%, el número real de operarios para el cumplimiento de la producción sería inicialmente de 5 trabajadores. Posteriormente, con la implementación y consolidación del método recomendado se espera conseguir la producción deseada con 4 operarios.

7.2.9.3 Capacidad balanceada de las líneas. Con el balanceo realizado se obtiene mayor eficiencia en el proceso de producción de los arneses, debido a que los tiempos inactivos, antes empleados en ensambles manuales y pulidos se utilizan para nivelar cargas de trabajo y disminuir *stocks* de producto en proceso. Otro factor positivo de realizar el proceso de esta manera es la disminución del tiempo estándar, ya que las operaciones de costura doble de cierre de la parte pélvica se realizarían en la máquina Zoje, que tiene una velocidad mayor que la Keestar. Esto permite que el proceso se realice en un menor tiempo.

$$\text{Producción esperada (PE)} = 13 \frac{\text{Arneses}}{\text{hora}} = 104 \frac{\text{Arneses}}{\text{día}}$$

$$\text{Capacidad balanceada (Cb)} = \frac{\left(60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}\right)}{TC}$$

$$Cb = \left(60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}\right) / \left(4.03 \frac{\text{min}}{\text{arnés}}\right)$$

$$Cb = 14.88 \frac{\text{Arneses}}{\text{hora}} \approx 14 \frac{\text{arneses}}{\text{hora}} = 112 \frac{\text{arneses}}{\text{día}}$$

Con el balanceo de las líneas la capacidad de producción sería de 14 arneses por hora; esto permitirá cumplir con la proyección establecida, para la cual se necesita una producción mínima de 13 arneses por hora, para llegar a la meta mensual de 2480 arneses.

En la línea de producción de eslingas la capacidad balanceada es igual a la capacidad mejorada de producción debido a que se realiza en una sola estación:

$$\text{Producción esperada (PE)} = 9.23 \frac{\text{Eslingas}}{\text{hora}} = 74 \frac{\text{Eslingas}}{\text{día}}$$

$$\text{Capacidad balanceada (Cb)} = \frac{\left(60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}\right)}{TC}$$

$$Cb = \left(60 \frac{\text{min}}{\text{hora}}\right) / \left(5.38 \frac{\text{min}}{\text{eslinga}}\right)$$

$$Cb = 11.14 \frac{\text{Eslingas}}{\text{hora}} \approx 11 \frac{\text{Eslingas}}{\text{hora}} = 88 \frac{\text{Eslingas}}{\text{día}}$$

La capacidad de producción de eslingas sería de 11 unidades por hora; esto permitirá cumplir con la proyección establecida, para la cual se necesita una producción mínima de 9.23 eslingas por hora, para llegar a la meta mensual de 1772 eslingas. Para los anclajes y las líneas de vida la producción mensual esperada es de 206 y 168 unidades respectivamente, estos productos pueden ser realizados mediante una previa programación por el operario de la máquina Keestar del proceso de fabricación de arneses, que tiene un tiempo inactivo (TI) estimado de 63 minutos diarios.

$$TI = \left(\frac{\text{tiempo inactivo}}{\text{arnés}} / \frac{\text{Tiempo requerido}}{\text{arnés}} \right) * 8 \text{ horas por día} * 60 \text{ min/hora}$$

$$TI = (0.53 \text{ minutos} / 4.03 \text{ minutos}) * 8 \text{ horas} / \text{día} * 60 \text{ min/hora}$$

$$\text{Tiempo inactivo} = 63 \text{ minutos/día}$$

Tiempo requerido para la producción de anclajes:

$$\text{Producción esperada (PE)} = 1.07 \frac{\text{Anclajes}}{\text{hora}}$$

$$\text{Tiempo requerido} = 9 \frac{\text{anclajes}}{\text{día}} * 1.81 \frac{\text{minutos}}{\text{anclaje}}$$

$$\text{Tiempo requerido} = 16.23 \text{ minutos}$$

Tiempo requerido para la producción de líneas de vida:

$$\text{Producción esperada (PE)} = 0.87 \frac{\text{Líneas de vida}}{\text{hora}}$$

$$\text{Tiempo requerido} = 7 \frac{\text{Líneas de vida}}{\text{día}} * 2.14 \frac{\text{minutos}}{\text{Línea de vida}}$$

$$\text{Tiempo requerido} = 14.95 \text{ minutos}$$

El tiempo diario requerido para la producción de anclajes y líneas de vida es de 31.18 minutos, por lo tanto se utilizaría este tiempo del operario de la máquina Keestar que tiene disponibilidad para fabricar estos productos, lo cual se debe programar semanal o mensualmente mediante órdenes de producción para cumplir con la meta propuesta sin contratiempos.

7.2.9.4 Mejoramiento del proceso. Con el método propuesto y el balanceo de líneas se conciben cambios significativos en los procesos de producción de la planta CINAR. Se han hecho propuestas significativas en lo que concierne a la eliminación de tiempos improductivos, operaciones repetitivas, tiempos de alistamiento, mantenimiento y organización del proceso; todo esto con el fin de incrementar la productividad del área.

Estos métodos disminuyen los tiempos de ciclo de cada línea, incrementando la capacidad de producción de la planta y logrando con esto la capacidad para cumplir con producción esperada. En el siguiente cuadro comparativo se resumen los resultados del estudio de métodos y tiempos y del balanceo de líneas realizado.

Cuadro 34. Mejoramiento productivo calculado con el balanceo

LÍNEA DE PRODUCCIÓN	META DE PRODUCCIÓN (UND./MES)	CAPACIDAD ACTUAL (UND./MES)	CAPACIDAD BALANCEADA (UND./MES)	INCREMENTO PORCENTUAL DE CAPACIDAD $\left(\frac{CB}{CA} - 1\right) \times 100$
ARNÉS	2480	1704	2688	57,75%
ESLINGAS	1772	1198	2112	76,29%

Para las líneas de vida y los anclajes se ha determinado utilizar los tiempos inactivos resultantes del balanceo realizado para su producción; que tan sólo requiere de 31,81 minutos por día para producir 7 líneas de vida y 9 anclajes para cumplir con la proyección establecida.

Otro aspecto importante para comprobar las ventajas de la implementación del balanceo realizado es el costo de implementación del método propuesto. Por tal motivo fue necesario determinar los factores económicos involucrados en el proceso.

Por medio del área de contabilidad de la empresa EPI SAS se obtuvieron los siguientes valores en pesos colombianos (COP), explícitamente con la finalidad de determinar la viabilidad de la aplicación de este proyecto.

Costos promedios de fabricación (incluye costos de M.O.D., M.O.I., insumos, materias primas, energía, C.I.F.):

$$\begin{aligned} \text{Costo/arnés} &= \$ 57.330 \\ \text{Costo/eslinga} &= \$ 82.320 \\ \text{Costo/anclaje} &= \$ 16.660 \\ \text{Costo/línea de vida} &= \$ 343.000 \end{aligned}$$

Los siguientes son los precios de venta promedio de cada producto sin IVA incluido. Estos valores se obtuvieron de la lista de precios de la empresa:

$$\begin{aligned} \$/\text{arnés} &= \$ 81.900 \\ \$/\text{eslinga} &= \$ 117.600 \\ \$/\text{anclaje} &= \$ 23.800 \\ \$/\text{línea de vida} &= \$ 700.000 \end{aligned}$$

Como se ha explicado con anterioridad, la empresa cuenta con maquinaria en la planta en óptimas condiciones sin uso, a la cual se debe insertar la programación de costuras y adecuar los *clamps* de acuerdo a las necesidades establecidas. Esta actividad es realizada por un mecánico del área de mantenimiento de la empresa y le lleva aproximadamente 2 días de trabajo ajustar, programar y probar las costuras de cada máquina.

Figura 21. Sujetador de la máquina Keestar de cuerda (*Clamp*)

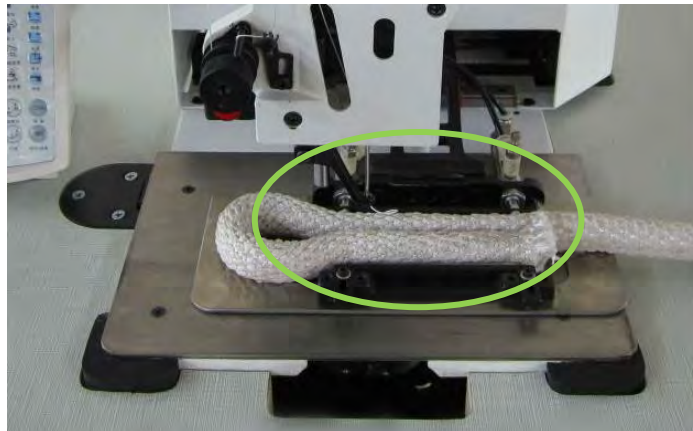


Figura 22. Tablero de programación máquina ZOJE



En la planta se tienen en total 17 máquinas de costura disponibles: 6 máquinas automáticas de costura pesada de marca *Keestar*, 1 máquina automática de costura pesada de *Juky*, 5 máquinas industriales *Ivomaq* y 5 máquinas automáticas de costura liviana *Zoje*.

Actualmente se utilizan 8 máquinas para 5 operarios de costura y 1 operario patinador:

- 1 Máquina *Keestar* pesada para arnés
- 1 Máquina *Zoje* liviana para arnés
- 1 Máquina *Ivomaq* manual para arnés
- 1 Máquina *Keestar* para eslingas
- 1 Máquina *Keestar* para absorbedor de eslingas
- 1 Máquina *Keestar* para anclajes
- 1 Máquina *Keestar* para líneas de vida
- 1 Máquina *Ivomaq* para diseño y pruebas

El operario de los absorbedores realiza también anclajes y líneas de vida, que se deben realizar en máquinas diferentes por las características del *clamp* diseñado para cada máquina. Por otro lado, la máquina de *Ivomaq* de diseño es operada por el jefe de producción en caso de que se requiera una prueba para laboratorio o para el diseño de nuevas líneas de producción.

Para llevar a cabo la propuesta será necesario configurar 2 máquinas que están funcionando actualmente, por esta razón se necesitarían 4 días laborales del mecánico para realizar estos ajustes.

$$\text{Salario mensual del mecánico} + \text{prestaciones} + \text{otros gastos} = \$1.380.000$$

$$\text{Costo diario} = \$1.380.000/24$$

$$\text{Costo diario} = \$57.500$$

$$\text{Costo de programación de máquinas} = 4 \times \$57.500 = \$230.000$$

La propuesta es utilizar en total 8 máquinas para 6 operarios de costura y 1 patinador; modificando la programación de la máquina Keestar de anclajes para que también realice arneses y modificando el *clamp* y la programación de la máquina Keestar de absorbedores para producir nuevas líneas de productos.

- 1 Máquina *Keestar* pesada arnés
- 1 Máquina *Zoje* liviana arnés
- 1 Máquina *Ivomaq* manual arnés
- 1 Máquina *Keestar* para arnés y anclajes
- 1 Máquina *Keestar* para eslingas
- 1 Máquina *Keestar* para líneas de vida
- 1 Máquina *Keestar* para líneas nuevas de productos
- 1 Máquina *Ivomaq* para diseño

Las 9 máquinas restantes (1 máquina *Keestar*, 1 máquina *Juky*, 3 máquinas *Ivomaq*, 4 máquinas *Zoje*) están disponibles para la expansión de la empresa con la apertura de otra planta; o para ser vendidas y costear la compra del telar para absorbedor; puesto que están casi en su totalidad en óptimas condiciones y se están depreciando sin ser utilizadas; además, ocupan un espacio importante en la planta que podría ser utilizado para el transporte de material o una mejor

distribución de los espacios. Los costos actuales de las máquinas, teniendo en cuenta su costo de compra y su depreciación son los siguientes:

$$\$/\text{Máquina Keestar} = \$ 1.346.200$$

$$\$/\text{Máquina Juky} = \$ 1.054.821$$

$$\$/\text{Máquina Ivomaq} = \$ 450.749$$

$$\$/\text{Máquina Zoje} = \$ 982.775$$

$$\$/\text{Maq. inutilizadas} = \$ 1.346.200 + \$ 1.054.821 + (3 \times \$450.749) + (4 \times \$982.775)$$

$$\$/\text{Máquinas inutilizadas} = \$ 7.684.368$$

$$\text{Costos de reparación} = \$1.250.000$$

$$\text{Utilidad de venta de máquinas inutilizadas} = \$7.684.368 - \$1.250.000$$

$$\text{Utilidad de venta de máquinas inutilizadas} = \$6.434.368$$

Por otra parte, se ha planteado la compra de un telar para la fabricación de los absorbedores de impacto para uso propio y venta. Este telar debe ser alimentado por un sistema de urdimbre que la empresa ya tiene en su planta de tejidos; pero que en este momento está sin funcionamiento. Esto representa una ventaja para la compra de esta máquina, ya que se cuenta con el espacio para su instalación y el sistema complementario que se necesita. El costo del telar incluye costos de importación y montaje en la planta de tejidos, partiendo de la suposición que el montacarga tarde 1 hora en bajar la máquina del contenedor y ubicarla en la planta.

$$\text{Costo del telar} = \$7.000.000$$

$$\text{Costo de importación y traslado a la planta} = \$657.850$$

$$\text{Costo de montacarga por hora} = \$35.000$$

$$\text{Costo total del telar} = \$7.692.850$$

A continuación se presenta el análisis económico de la implementación del método mejorado:

Inversión inicial = (Costo de programación de máquinas + Costo del telar – Utilidad de venta de máquinas inutilizadas)

$$\text{Inversión inicial} = \$230.000 + \$7.692.850 - \$6.434.368$$

$$\text{Inversión inicial} = \$1.488.482$$

Para la implementación del método propuesto se requiere de un trabajador más para lograr la meta propuesta, por tal motivo se debe analizar el costo de un trabajador más teniendo en cuenta todas las prestaciones de salud, pensión, además de la dotación y otros gastos adicionales.

$$\begin{aligned}\text{Salario mensual del operario extra} + \text{prestaciones} + \text{otros gastos} &= \$930.000 \\ \text{Costo diario} &= \$930.000/24 \\ \text{Costo diario} &= \$38.750\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo /hora} &= \$38.750/24 = \$4.843,75 \\ \text{Costo /minuto} &= \$4.843,75/60 = \$80,73\end{aligned}$$

- Costos de producir un arnés con el método actual:

$$\text{Tiempo pagado por operario} = 6,72 \text{ min/arnés (Ver Cuadro 22)}$$

$$\begin{aligned}\text{Tiempo pagado por unidad} &= 6,72 \text{ min/arnés} \times 4 \text{ operarios} \\ \text{Tiempo pagado por unidad} &= 26,88 \text{ minutos/arnés}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo de mano de obra por arnés} &= 26,88 \text{ minutos/arnés} \times \$80,73/\text{minuto} \\ \text{Costo de mano de obra por arnés} &= \$2.169,86\end{aligned}$$

$$\text{Costo de mano de obra por arnés} = \mathbf{\$2.169,86}$$

- Costo de producir un arnés con el método mejorado:

$$\text{Tiempo pagado por operario} = 4,03 \text{ min/arnés (Ver Cuadro 34)}$$

$$\begin{aligned}\text{Tiempo pagado por unidad} &= 4,03 \text{ min/arnés} \times 5 \text{ operarios} \\ \text{Tiempo pagado por unidad} &= 20,15 \text{ minutos/arnés}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo de mano de obra por arnés} &= 20,15 \text{ minutos/arnés} \times \$80,73/\text{minuto} \\ \text{Costo de mano de obra por arnés} &= \mathbf{\$1.626,71}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo/arnés con el método mejorado} &= \$57.330 - \$2.169,8 + \$1.626,71 \\ \text{Costo/arnés con el método mejorado} &= \mathbf{\$56.787}\end{aligned}$$

- Costos de producir una eslinga con el método actual:

$$\text{Tiempo pagado por operario} = 9,61 \text{ min/eslinga (Ver cuadro 23)}$$

Tiempo pagado por unidad = 9,61 min/eslinga x 2 operarios
Tiempo pagado por unidad = 19,22 minutos/eslinga

Costo de mano de obra por eslinga = 19,22 minutos/eslinga x \$80,73/minuto
Costo de mano de obra por eslinga = \$1.551,81

Costo de mano de obra por eslinga = \$1.551,81

- Costo de producir una eslinga con el método mejorado:

Tiempo pagado por operario = 5,39 min/eslinga (Ver cuadro 30)

Tiempo pagado por unidad = 5,39 min/eslinga x 1 operario
Tiempo pagado por unidad = 5,39 minutos/eslinga

Costo de mano de obra por eslinga = 5,39 minutos/eslinga x \$80,73/minuto
Costo de mano de obra por eslinga = \$434,73

Costo/eslinga con el método mejorado = \$ 82.320 – \$1.551,81 + \$434,73

Costo/eslinga con el método mejorado = \$ 81.203

Como se puede observar, a pesar de la contratación de un operario más; con la implementación del método mejorado se evidencia una disminución del costo de producir una unidad tanto en la línea de arneses como en las eslingas.

Cuadro 35. Utilidad en pesos del método actual

Producto	Costo unitario	Producción mensual (Q)	Costo mensual de producción	Precio de venta	Ventas mensuales	Utilidad Mensual
Arnés	\$ 57.330	1240	\$ 71.089.200	\$ 81.900	\$ 101.556.000	\$ 30.466.800
Eslinga	\$ 82.320	886	\$ 72.935.520	\$ 117.600	\$ 104.193.600	\$ 31.258.080
Anclaje	\$ 16.660	103	\$ 1.715.980	\$ 23.800	\$ 2.451.400	\$ 735.420
Línea de vida	\$ 343.000	84	\$ 28.812.000	\$ 700.000	\$ 58.800.000	\$ 29.988.000
TOTAL			\$ 174.552.700		\$ 267.001.000	\$ 92.448.300

Cuadro 36. Utilidad en pesos del método mejorado

Producto	Costo unitario	Producción mensual (Q)	Costo mensual de producción	Precio de venta	Ventas mensuales	Utilidad Mensual
Arnés	\$ 56.787	2480	\$ 140.831.388	\$ 81.900	\$ 203.112.000	\$ 62.280.612
Eslinga	\$ 81.203	1772	\$ 143.891.574	\$ 117.600	\$ 208.387.200	\$ 64.495.626
Anclaje	\$ 16.660	206	\$ 3.431.960	\$ 23.800	\$ 4.902.800	\$ 1.470.840
Línea de vida	\$ 343.000	168	\$ 57.624.000	\$ 700.000	\$ 117.600.000	\$ 59.976.000
TOTAL			\$ 345.778.922		\$ 534.002.000	\$ 188.223.078

$$\text{Incremento de la utilidad} = \left(\frac{\$188.223.078}{\$92.448.300} - 1 \right) \times 100$$

$$\text{Incremento de la utilidad} = 103,59\%$$

Con la implementación del método mejorado y el balanceo de líneas realizado la utilidad para la empresa se incrementaría en un 103,59%. Además, en el primer mes después de que haya sido implementado el método con un operario más, se recuperaría la inversión realizada de \$1.488.482.

7.3 DISEÑO DE PLANTA

El paso siguiente consiste en la distribución adecuada de las operaciones, para lo cual es necesario un diseño de planta que permita el flujo continuo de los procesos productivos de la planta, abarcando instrucciones de operación, control del inventario requerido, manejo de materiales y programación de la producción.

7.3.1 Descripción actual de la planta. Para empezar, es importante analizar el tipo de distribución actual, en la cual se observa un claro desorden principalmente del producto en proceso. Actualmente la planta tiene una distribución por producto, ya que cada línea se fabrica en grupos separados de máquinas: Los arneses requieren de 3 máquinas de diferentes características, las eslingas se fabrican en 2 máquinas y el resto de productos estudiados sólo requiere de una máquina para la producción de cada uno.

Figura 23. Fotografía actual de la planta



Una de las características más importantes de la planta es la variabilidad existente entre los procesos dentro de una misma línea de producción. Esto genera la necesidad de distribuir la planta de una manera que se acople a cambios rápidos mediante la aplicación del SMED y mediante un sistema de producción flexible que facilite el cambio de un producto a otro de una forma eficiente y organizada sin generar retrasos. Por lo tanto, se requiere una distribución que combine el método de producción por producto con el método productivo por procesos.

Entonces, para la distribución requerida se debe implementar un sistema de producción flexible; más conocido en la práctica como FMS o “Sistema de Manufactura Flexible”. Estos sistemas se basan en grupos de máquinas que se ajustan rápidamente para dedicarse a un objetivo específico; estas máquinas se programan de acuerdo a la necesidad de cada producto, lo que genera la posibilidad de producir piezas diferentes dentro de la misma línea de producción.

Generalmente, estos sistemas son manejados completamente por computadores; sin embargo, en este caso es necesario manejar los controles de programación de las máquinas de acuerdo a las órdenes de producción y modificar algunos parámetros manualmente, debido a que el proceso en gran parte se desarrolla de forma manual.

7.3.2 Factores de distribución. Los principales factores que afectan la distribución de una planta son los siguientes:

Localización: ubicación, instalaciones, requerimientos.

Materiales: materia prima, producto en proceso, productos terminados.

Maquinaria: operación, secuencia, ubicación, mantenimiento, control.

Trabajadores: cantidad requerida, ubicación, funciones.

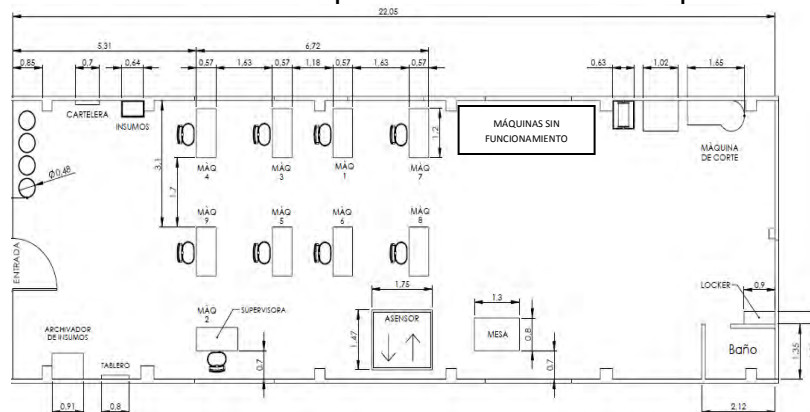
Movimientos: movimiento de personal y de materiales.

Inventarios: almacenamientos temporales y permanentes.

7.3.2.1 Localización. Como primera medida, se debe definir la localización. Este punto es esencial para determinar los otros factores de la distribución, ya que puede generar restricciones de acuerdo a las condiciones del entorno y a las limitaciones del espacio establecido.

En este caso en particular se ha solicitado por parte de la gerencia que se redistribuya el proceso dentro de la misma planta de producción actual, ubicada en un sector central de la ciudad de Cali en el barrio Porvenir, con la ventaja de contar con las oficinas de la empresa y el almacén de materias primas en el mismo edificio y con cercanía a las principales distribuidoras de la ciudad: Distrialfa, Enciso y Godoy, entre otras. Esta planta tiene sus dimensiones definidas, lo cual se utilizará como guía para desarrollar el diseño de la planta, aunque puede generar ciertas limitaciones en cuanto a la capacidad.

Figura 24. Distribución actual de la planta CINAR – Vista superior



7.3.2.2 Materiales. El segundo paso es determinar los materiales requeridos para la proyección de la producción, así como la ubicación y el espacio que van a ocupar dentro de la planta. Para este punto se toman los requerimientos calculados en los cuadros de materiales utilizados por referencia y se le toman las medidas a los empaques de todas las materias primas, con el fin de determinar el espacio requerido para su ubicación dentro de la planta.

En el Cuadro 38 se observan las cantidades necesarias de cajas, rollos y bolsas a almacenar dentro de la planta con sus respectivas dimensiones. Con esta información se da paso al diseño de las estanterías que se requieren para el almacenamiento de las materias primas.

En el caso de los contrapesos, la reata y la cuerda, estos son almacenados en las bodegas del almacén, aunque los carros de cuerda y la reata se deben trasladar a la planta para su producción; por lo tanto, es necesario contar con sus medidas para la distribución final.

Cuadro 37. Requerimientos totales de materiales

MATERIA PRIMA	REQUERIMIENTO MENSUAL		UND/ EMPAQUE	CANTIDAD	ALMACENAMIENTO	DIMENSIONES L*A'H - D'H
ARGOLLA D DORSAL	2892	UD	150	20	Cajas	35*20*20 cm
ARGOLLA D FRONTAL DOBLE RANURA	2480	UD	150	17	Cajas	35*20*20 cm
ARGOLLA D LATERAL	4960	UD	300	17	Cajas	35*20*20 cm
ARGOLLA OVALADA PARA ESLINGAS	1772	UD	300	6	Cajas	35*20*20 cm
BOLSA PARA ARNES	2480	UD	1000	3	Paquetes	60*40*50 cm
BOLSA PARA ESLINGAS Y ANCLAJES	1978	UD	2000	1	Rollo	25*40 cm
BOLSO EN LONA MORRAL PARA ABSORCION	1772	UD	100	18	Bolsa	20*40 cm
BUJES	168	UD	500	1	Caja	35*20*20 cm
CONTRAPESO PARA LÍNEA DE VIDA VERTICAL	168	UD	1	168	Unidades	16*22 cm
CUERDA DE POLIÉSTER DE 16 MM	16850,4	m	100,3	168	Carretos	35*40 cm
ETIQUETA PARA 50-12	2480	UD	2400	1,03	Canastas	60*35*25 cm
ETIQUETA PARA ANCLAJES	206	UD	2400	0,09	Canastas	60*35*25 cm
ETIQUETA PARA ESLINGAS	1772	UD	2400	0,74	Canastas	60*35*25 cm
ETIQUETA EN SATÍN PARA LÍNEA DE VIDA	168	UD	2400	0,07	Canastas	60*35*25 cm
GANCHO DOBLE SEGURO GRANDE	3712	UD	50	75	Cajas	35*20*20 cm
GANCHO DOBLE SEGURO PEQUEÑO	1772	UD	50	36	Cajas	35*20*20 cm
HEBILLA CORREDERA ARNES	2480	UD	150	17	Cajas	35*20*20 cm
HEBILLA METALICA GRANDE	7440	UD	700	11	Cajas	35*20*20 cm
HEBILLA METALICA PEQUEÑA	7440	UD	700	11	Cajas	35*20*20 cm
HEBILLA PLASTICA DORSAL	2480	UD	300	9	Cajas	35*20*20 cm
HEBILLA TENSORA EPI	2480	UD	500	5	Cajas	35*20*20 cm
MANGUERA PARA CUERDA DE 16 MM	47,04	m	100	1	Rollo	75*2 cm
PASADORES PLASTICOS PARA ARNES	12400	UD	1000	13	Cajas	35*20*20 cm
REATA AZUL EN POLIESTER	17830,7	m	600	30	Cajas	35*20*20 cm
REATA VERDE EN POLIESTER	12628	m	600	22	Cajas	35*20*20 cm

7.3.2.3 Maquinaria. La maquinaria requerida para la producción esperada es la siguiente:

Cuadro 38. Maquinaria requerida

MAQUINARIA	IMAGEN	DIMENSIONES DEL PUESTO DE TRABAJO	CANTIDAD REQUERIDA
MÁQUINA DE CORTE (YITAI)		Largo: 1.65 metros Ancho: 0.90 metros Altura: 0.90 metros	1
MÁQUINA DE COSTURA PESADA (KEESTAR)		Largo: 1.20 metros Ancho: 0.60 metros Altura: 0.75 metros	3
MÁQUINA DE COSTURA LIVIANA (ZOJE)		Largo: 1.20 metros Ancho: 0.60 metros Altura: 0.75 metros	1
MÁQUINA DE REMATES (IVOMAQ)		Largo: 1.20 metros Ancho: 0.60 metros Altura: 0.75 metros	2

7.3.2.4 Trabajadores. Los trabajadores necesarios se han definido de acuerdo a los cálculos realizados en el balanceo de líneas anterior, con el fin de optimizar el trabajo el trabajo realizado mediante los métodos de producción propuestos.

Cuadro 39. Trabajadores requeridos para el funcionamiento de la planta CINAR

ESTACIÓN	TRABAJADORES	FUNCIÓN
COORDINADOR DE PRODUCCIÓN	1	Programación, órdenes de producción, solicitudes de material y requerimientos de la planta, manejo del sistema contable SAI, indicadores de producción.
LÍDER DE PRODUCCIÓN (IVOM AQ)	1	Supervisión, costuras de diseño para nuevas líneas, etiquetado, verificación de calidad, liberación de lotes, pulido y empaque.
ALISTAMIENTO Y ENSAMBLE (PATINADOR)	1	Alistamiento, manejo de la máquina de corte y selladora, pulido, ensambles manuales y empaque.
MANTENIMIENTO	1	Encargado del buen estado y el correcto funcionamiento de las máquinas, cambio de <i>calmps</i> , programación de costuras.
COSTURA PESADA (KEESTAR)	2	Encargados de costuras de parte pélvica, anclajes y líneas de vida.
COSTURA PESADA (KEESTAR)	1	Encargado de costuras de eslingas.
COSTURA LIVIANA (ZOJE)	1	Encargado de costuras de parte pectoral y costuras finales del arnés.
REMATES - ETIQUETAS (IVOM AQ)	1	Encargado de remates, costura pesada y liviana, costura de etiquetas del arnés.

7.3.2.5 Movimientos. El espacio determinado para el correcto funcionamiento de las operaciones es el siguiente:

Cuadro 40. Espacio requerido para las estaciones de trabajo

ESTACIÓN	DIMENSIONES	PUESTO DE TRABAJO	ESPACIO DE OPERACIÓN	ESPACIO DE MMTO	ESPACIO PARA MATERIALES	TOTAL
CORTE	Largo	1.65 metros			0.40 metros	2.05 metros
	Ancho	0.90 metros	0.80 metros			1.70 metros
	Altura	0.90 metros	0.45 metros			1.35 metros
COSTURA PESADA (KEESTAR)	Largo	1.20 metros			1.20 metros	2.40 metros
	Ancho	0.60 metros	0.80 metros	0.80 metros		2.20 metros
	Altura	0.75 metros	0.35 metros			1.10 metros
COSTURA LIVIANA (ZOJE)	Largo	1.20 metros			1.20 metros	2.40 metros
	Ancho	0.60 metros	0.80 metros	0.80 metros		2.20 metros
	Altura	0.75 metros	0.35 metros			1.10 metros
MÁQUINA DE REMATES (IVOMAQ)	Largo	1.20 metros			1.20 metros	2.40 metros
	Ancho	0.60 metros	0.80 metros	0.80 metros		2.20 metros
	Altura	0.75 metros	0.35 metros			1.10 metros
CORTE DE CUERDA	Largo	1.00 metro			1.10 metros	2.10 metro
	Ancho	0.65 metros	0.80 metros			1.45 metros
	Altura	0.90 metros	0.17 metros			1.07 metros
SELLADO Y EMPAQUE	Largo	1.30 metros			1.00 metro	2.30 metros
	Ancho	0.80 metros	0.80 metros			1.60 metros
	Altura	0.90 metros	0.10 metros			1.00 metros

También se ha determinado que los pasillos entre cada estación de trabajo deben tener como mínimo un metro de ancho y deben estar demarcados, para posibilitar el paso del personal y de los visitantes, sin inconvenientes por materias primas o producto en proceso por el camino. Además, los productos no deben movilizarse por el piso, por esta razón deben ser siempre transportados mediante canastas con ruedas que faciliten las operaciones y hagan más ágil al proceso.

7.3.2.6 Inventarios. En el tema de los inventarios se deben analizar: Materias primas, producto en proceso y producto terminado. Para determinar el almacenamiento de las materias primas se han tomado las medidas de los empaques y se ha calculado la cantidad requerida para la producción esperada.

De esta manera se ha definido que las materias primas se almacenarán en estanterías que deben contar con las siguientes medidas:

Cuadro 41. Medidas para el almacenamiento

ITEM	CANTIDAD	Unidades (cm)			ALMACENAMIENTO
		LARGO	ANCHO	ALTURA	
Carretos de cuerda	9	30		40	Estiba de 1,2 m * 1 m
Paquetes de bolsas para arnés	3	60	40	50	Estiba de 1,2 m * 1 m
Cajas de reata	2	60	60	30	Estiba de 1,2 m * 1 m
Bolsas de absorbedor	18	20		40	Estantería
Cajas de M.P.	238	35	20	20	Estantería
Canastas de etiqueta	2	60	35	25	Estantería
Rollo de bolsas	1	25		40	Soporte
Manguera	1	75		2	Rollo Colgado

Figura 25. Almacenamiento de carretos de cuerda – Vista superior

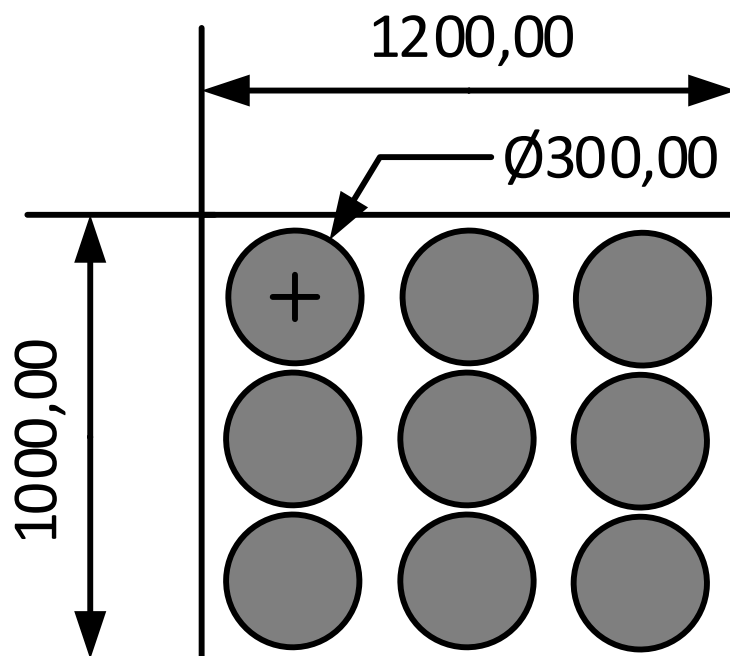
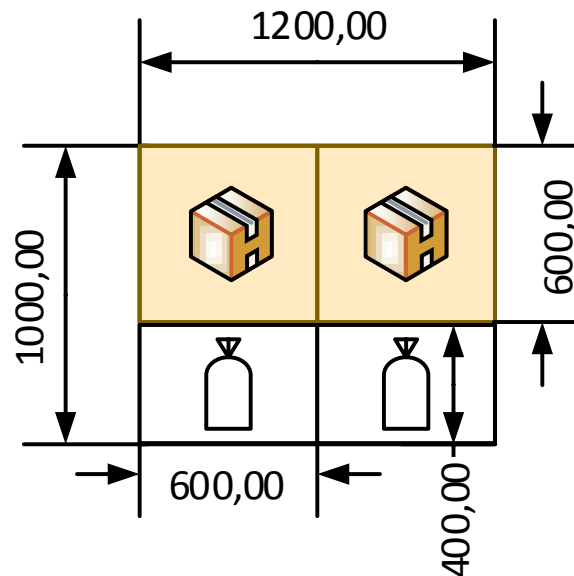


Figura 26. Almacenamiento de reata y paquetes de bolsas para arnés – Vista superior



Cuadro 42. Dimensiones que requieren las estanterías

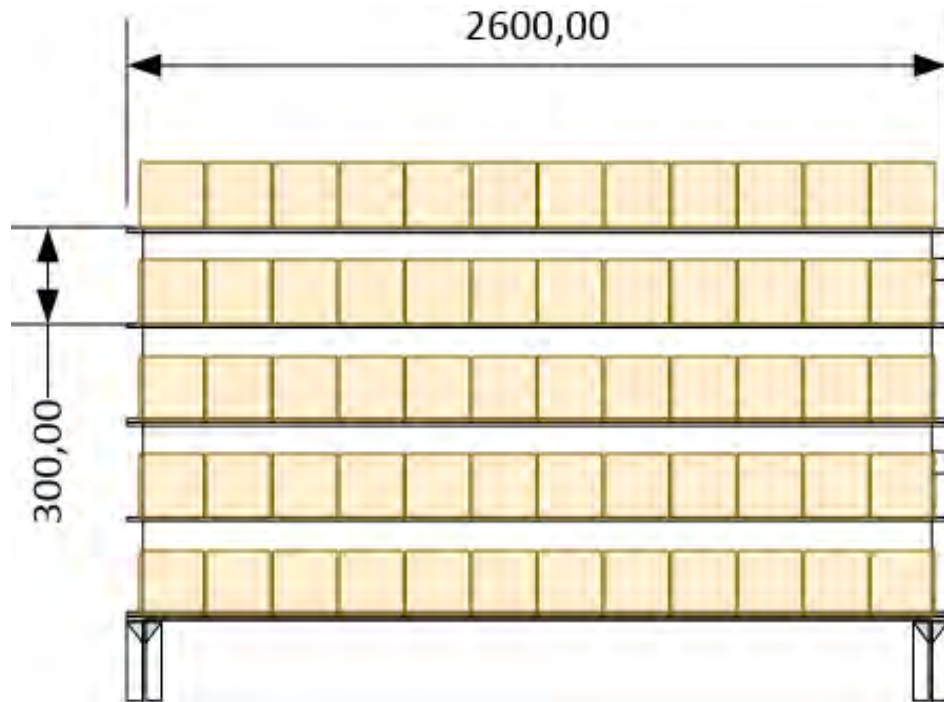
ESTANTERÍA	BRUTO (cm)	NETO (cm)	CAPACIDAD
Ancho	35	35	1 Caja
Largo	260	240	12 Caja
Entrepaños	5	5	5 Caja
Altura	30	20	1 Caja

Cuadro 43. Dimensiones definitivas de las estanterías

DIMENSIONES	CANTIDAD	
Altura total	190	Cm
Lago	260	Cm
Ancho	35	Cm
Capacidad	60	Cajas
Estanterías	4	Und.
Capacidad total	240	Cajas

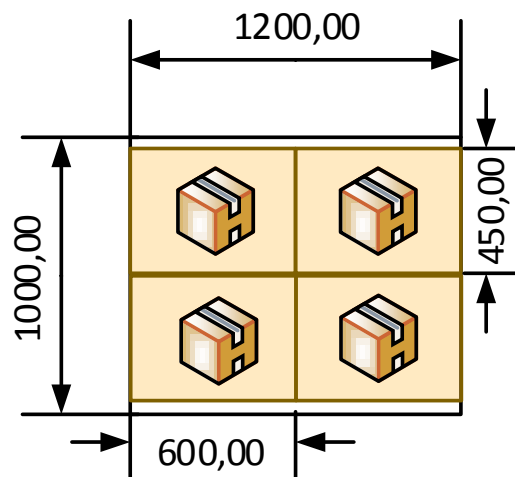
En total se requieren 4 estanterías para el almacenamiento de herrajes y partes plásticas, ya que la capacidad de cada una es de 60 cajas, y se debe tener una capacidad de 238 cajas. En el espacio sobrante se ubicarán las bolsas para los absorbedores.

Figura 27. Estantería – Vista frontal



Para la reata cortada de 3.30, 1.92 y 1.50 metros que se almacena en cajas de 60 cm * 45 cm y 30 cm de altura, esta se almacenará sobre estibas con medidas de 100 cm * 120 cm y 20 cm de altura de la siguiente manera:

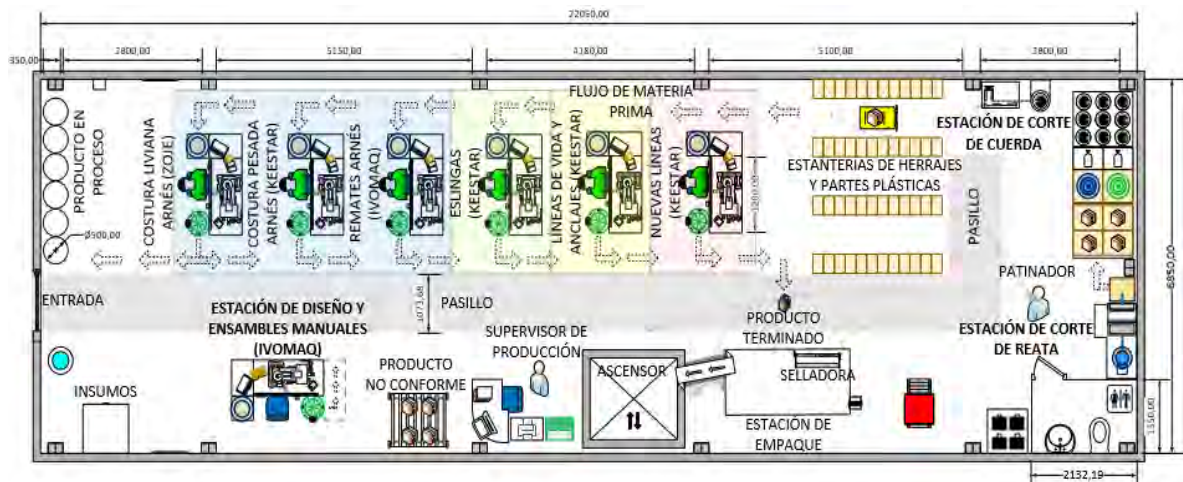
Figura 28. Almacenamiento de Reata cortada – Vista superior



En cuanto al producto en proceso, este se encuentra almacenado en 6 tibungos 50 cm de diámetro y 90 cm de altura, los cuales están ubicados en la entrada de la planta; relativamente cerca de las máquinas de coser. Este producto en proceso constará de adelantos de partes pélvicas y pectorales del arnés que funcionarán como alistamiento previo de las operaciones; así mismo, se almacenarán allí partes finalizadas que se utilizarán como colchón de producción, es decir partes pélvicas y pectorales completas listas para ensamblar y etiquetar; lo cual permitirá el flujo continuo de las operaciones en caso de demoras, fallas o para dar inicio a las operaciones sin que el ensamblador tenga tiempo inactivo, haciendo más eficientes las líneas de producción. Por otra parte, el producto terminado es empacado en bolsas y enviado directamente al almacén mediante el ascensor, donde se almacena en estanterías.

7.3.3 Propuesta de distribución de planta. La propuesta de distribución de planta está diseñada con estaciones de trabajo ubicadas de forma consecutiva para aportar al flujo continuo del proceso.

Figura 29. Propuesta de distribución para la planta CINAR



Dentro de la estación de costura se han establecido 4 líneas de producción: Línea de arneses, eslingas, anclajes y líneas de vida. Cada una se realiza en celdas de trabajo separadas que se pueden modificar rápidamente de costura mediante un cambio de patrón, o si es necesario el cambio del *clamp*. Como se ve en el diseño propuesto, se ha referenciado el espacio de cada línea para facilitar su implementación y control.

Esta distribución combina el método de producción por productos con el método de producción por procesos en un sistema de manufactura flexible. En los anexos se puede observar de forma detallada la distribución acotada (Ver Anexo M).

Por otra parte, la programación de las máquinas se realiza de acuerdo a órdenes de producción realizadas mediante la planeación y el alistamiento previo; esto se facilita con el buen manejo de inventarios y el diseño de los puestos, lo cuales cuentan con compartimentos para los materiales y espacios definidos para el movimiento de personal y de producto en proceso.

En el diseño los herrajes y las partes plásticas se almacenan en estanterías, lo cual genera un ahorro de espacio considerable y facilita el transporte de estos materiales. Esto facilita el control de inventarios y la entrega a tiempo de los materiales solicitados.

En conclusión, la distribución cuenta con 6 estaciones de producción, 1 estación de diseño, 1 estación de empaque, 1 estación de corte de cuerda y 1 estación de corte de reata. Para el funcionamiento continuo de la planta de producción se requieren 5 operarios de costura, 1 patinador y 1 supervisor.

8. CONCLUSIONES

- Al realizar el análisis de los productos fabricados en la planta CINAR mediante el análisis de Pareto se consiguió identificar que las líneas de producción más representativas en términos de participación en ventas son los arneses con el 50% aproximadamente, seguidos de las eslingas con casi el 40% del total de las ventas. En esta fase se cumplió con el objetivo de identificar y describir los procesos de los principales productos; allí se observó que el proceso de fabricación de los arneses es muy extenso y no tiene un flujo ordenado, razón por la cual el nivel de producción de la planta es bajo. En cuanto al proceso de las eslingas, se observó que la fabricación del absorbedor es el cuello de botella del proceso debido a que no se cuenta en la planta con una máquina adecuada para su fabricación.
- En el estudio de métodos y tiempos se encontró que los tiempos elevados se deben a la falta de estándares; puesto que los trabajadores no tienen una meta de producción y las cargas de trabajo están desequilibradas, generando cuellos de botella. Para resolverlo se estudiaron diferentes metodologías empleadas en la industria y se ha hecho una propuesta de implementar herramientas como el SMED y el TPM adaptadas a los requerimientos de la planta para ser usadas como políticas de calidad y que se conviertan en una cultura para toda la organización.
- Finalizado el balanceo de líneas, se logró el objetivo de organizar hipotéticamente las estaciones de trabajo de modo que el proceso sea más eficiente, se definió que el número requerido de operarios es de 5 trabajadores para las líneas actuales de producción y 1 trabajador para la producción de nuevas líneas. También se determinó que se necesitan en total 7 máquinas de costura, incluyendo la máquina para diseños y pruebas.
- Con el análisis de la distribución actual de la planta se evidenció que para incrementar el nivel de producción se deben organizar los procesos y el movimiento de los materiales. Por estas razones, se realizó una propuesta de diseño fundamentada en el flujo continuo de los materiales, con estaciones de trabajo definidas y procedimientos claros, aplicando la gestión visual. Además se propone la implementación de estanterías y un nuevo diseño de los puestos de trabajo, con lo cual se incrementa la capacidad de almacenamiento de la planta y se eliminan las restricciones de la planta actual.

9. RECOMENDACIONES

- Se sugiere dar continuidad al estudio realizado en este proyecto para definir todos los estándares de producción y para aplicar las metodologías aquí planteadas; todo esto permitirá incrementar el nivel de producción y conseguir la meta deseada por la empresa.
- Con el objeto de alcanzar las metas de producción establecidas los operarios de costura deben seguir el método recomendado y tener conocimiento de todo el proceso, no deben realizar ensambles manuales o parar la máquina para medir o pulir. Otro punto importante para lograr el nivel de producción proyectado, es analizar la posibilidad de añadir una bonificación grupal por el cumplimiento de las metas, unido al control de calidad para mantener bajo el nivel de desperdicios. Esto con el fin de que los trabajadores tengan un conocimiento de sus metas individuales para lograr objetivos grupales; además el reconocimiento económico es una forma de motivar a los trabajadores y mejorar su disposición.
- Es preciso aplicar el diseño del puesto de trabajo que se ha propuesto, con compartimentos para herrajes, canastas con ruedas y mayor ergonomía; todo esto, incrementa la agilidad de las operaciones y disminuye el desgaste de los operarios, mejorando la calidad de los productos que fabrican. En el tema de almacenamiento, se propone el uso de estanterías para optimizar el espacio utilizado, ya que facilitan al control de inventarios y mejoran el flujo del movimiento de los materiales. De igual forma, es necesaria una carretilla para transportar cajas y carros de cuerda en la planta.
- Se recomienda la realización de auditorías internas de forma periódica para revisar el diligenciamiento de los formatos y cumplimiento de las políticas de calidad y los métodos establecidos.
- En la planta se necesita una persona que controle la de calidad de los productos; encargada de la liberación de lotes, el control de desperdicios, la marcación de etiquetas y el pulido de las piezas de las máquinas manuales.

BIBLIOGRAFÍA

ARARAT, Alejandra. Estudio de métodos y tiempos en el proceso de la línea de camisas interior de Makila CTA. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería, 2010. 123 p.

BILLÓN, Margarita; LERA, Fernando y ORTIZ, Salvador. Evidencias del impacto de las tic en la productividad de la empresa. ¿Fin de la «paradoja de la productividad»? [en línea]. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2007 [consultado el 25 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: http://www.uam.es/departamentos/economicas/analecon/analisis_economico_es/cuadernos_de_economia/numeros/82/82_01.pdf

CABANILLAS MUÑOZ, Martín. Diseño de distribución en planta de una empresa textil [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería, 2004. 137 p. [consultado el 12 de Febrero de 2014] Disponible en internet: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/ingenie/munoz_cm/munoz.pdf

CARBONEL, Francisco. Técnica Smed. Reducción del tiempo de preparación [en línea]. En: 3 CIENCIAS. Mayo, 2013. [consultado el 12 de Enero de 2015] Disponible en internet: <http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2013/05/TECNICA-SMED.pdf>

COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO. Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas. Resolución 1409 del 2012 (Julio 23). Por el cual se reglamenta el artículo 26 de la ley 9ª de 1979 [en línea]. Bogotá D.C.: Ministerio de Trabajo, 2012 [consultado el 26 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: http://www.ivss.co/web/images/pdf/res1409_2012.pdf

Distribución en planta [en línea]: Diseño de sistemas productivos y logísticos. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2005 [consultado el 6 de marzo de 2014]. Disponible en internet: <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/4%20Distribucion%20en%20planta.pdf>

ERAZO ACEVEDO, Victor Andrés. Aumento de la productividad en las líneas de envasado de Naprolab s.a [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de ingeniería, 2012. 84 p. [consultado el 25 de Febrero de 2014] Disponible en internet: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/3017/1/TID00946.pdf>

GARCÍA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo: medición del trabajo. México D.F.: McGraw-Hill, 2000. 458 p.

Gestión Visual [en línea]: Leanroots [consultado el 10 de Enero de 2015] Disponible en internet: http://www.leanroots.com/Gestion_Visual.html

GOMEZ CUETO, Jose Antonio. Implantación de outsourcing como herramienta estratégica poderosa. caso aplicado [en línea]. Tesis de Licenciamiento en administración de empresas. Guatemala: Universidad Francisco Marroquín. Facultad de ciencias económicas, 1998. 63 p. [consultado el 25 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://www.tesis.ufm.edu.gt/pdf/2555.pdf>

GONZÁLEZ ESCOBAR, Diego F. Estandarización de procesos de fábrica y elaboración de indicadores de producción en la empresa ITC Ingeniería de plásticos industriales [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2009. 119 p. [consultado el 12 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/351/1/T0003213.pdf>

GONZÁLEZ SANCHEZ, Francisco Javier. Estudio de métodos y tiempos para la planta de producción de C.I. Cobres de Colombia Ltda. de empaques de madera [en línea]. Trabajo de grado Administrador de empresas. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de occidente. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, 2010. 81 p. [consultado el 3 de Marzo de 2014]. Disponible en internet: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/468/1/T0003516.pdf>

GUTIÉRREZ AGUDELO, Julián Andres. Diseño de una metodología basada en 5s para la planta de tintorería de EKA corporación [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2013. 115 p. [consultado el 12 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/5251/1/TID01632.pdf>

MARTÍNEZ MUÑOZ, Mauricio. Propuesta de distribución de planta para una organización dedicada a la fabricación de llantas tipo diagonal [en línea]. Tesis de maestría en administración de negocio. México D.F.: Instituto politécnico nacional, 2005. 207 p. [consultado el 12 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/123456789/1855/1/1041_2006_ESCA-ST_MAESTRIA_Martinez_Mauricio.pdf

NIEBEL, Benjamin. Ingeniería Industrial: Métodos estándares y diseño del trabajo. 10 ed. Madrid: Alfaomega, 2001. 728 p.

PANERU, Naresh. Implementation Of Lean Manufacturing Tools In Garment Manufacturing Process Of Men's Shirt [en línea]. Tesis de maestría. Oulu: Oulu university of applied sciences, 2011. 80 p. [consultado el 26 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34405/Paneru_Naresh.pdf?sequence=1

QUINTERO, Vanessa. Estudio de métodos y tiempos para la elaboración e implementación de diagramas de procesos ajustados efectivamente a la productividad y a los estándares exigidos para la empresa manufacturera de refrigeradores Fridval Ltda [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería, 2008. 122 p. [consultado el 25 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/368/1/T0003226.pdf>

RUA GIL, Katherine Alejandra. Estandarización y mejoramiento del proceso de empaque de elementos de fijación (tornillos) en Industrias Cato S.A [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente. Facultad de Ingeniería, 2009. 115 p. [consultado el 12 de Febrero de 2014]. Disponible en internet: <http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/1167/1/TID00305.pdf>

TPM - Mantenimiento productivo total [en línea]: SPC Consulting group [consultado el 10 de Enero de 2015] Disponible en internet: <http://spcgroup.com.mx/tpm/>

Trabajo en altura protocolo [en línea]: Laboratorio Condiciones de Trabajo. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2009 [consultado el 26 de Febrero de 2014]. Disponible en internet:

<http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/ERGO/TRABAJO%20EN%20ALTURA.pdf>

VALENCIA MORENO, Suley. Time study of manufacturing for restaurant furniture at Seating Concepts incorporated [en línea]. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente, 2012. 144 p. [consultado el 25 de Febrero de 2014]. Disponible en internet:

<http://bdigital.uao.edu.co/bitstream/10614/3033/1/TID00960.pdf>

YACUZZI, Enrique, et al. Diseño de un layout de planta: Marmicoc Argentina S.A. [en línea]. Buenos Aires: Universidad del Cema, 2009 [consultado el 25 de Febrero de 2014]. Disponible en internet:

<http://www.aotsargentina.org.ar/userfiles/DISENO%20DE%20UN%20LAYOUT%20DE%20PLANTA%20MARMICOC%20ARGENTINA%20SA.pdf>

ANEXOS

Anexo A. Ventas año 2013Línea de Eslingas

Referencia	Línea-descripción	Unidades	Ventas (\$)	Promedio de unidades/mes
50-23RA	ESLINGAS	1.775	224.550.486	296
50-23RA-1MT	ESLINGAS	1.216	151.786.493	203
50-22A	ESLINGAS	1.062	102.589.441	177
50-23RAG	ESLINGAS	402	61.528.217	67
50-21-2C	ESLINGAS	874	61.465.503	146
50-22AG	ESLINGAS	706	58.738.786	118
50-21-2A	ESLINGAS	996	48.121.569	166
50-23RC	ESLINGAS	570	46.133.459	95
50-22A-90	ESLINGAS	716	41.849.270	119
50-20RA	ESLINGAS	536	35.505.077	89
TOTAL		8.853	832.268.300	886

Fuente. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL S.A.S. Indicadores de ventas de enero de 2013. Informe del área de mercadeo y ventas. Cali: EPI S.A.S.; 2014.

Anexo B. Ventas año 2013Línea de Líneas de vida

Referencia	Línea-descripción	Unidades	Ventas (\$)	Promedio de unidades/mes
50-104B-50	LÍNEAS DE VIDA	100	35.935.020	10
50-104A-10	LÍNEAS DE VIDA	265	31.475.928	27
50-104B-30	LÍNEAS DE VIDA	115	28.969.708	12
50-104B-15	LÍNEAS DE VIDA	125	23.812.578	13
50-104B-100	LÍNEAS DE VIDA	27	20.576.025	3
50-104B-10	LÍNEAS DE VIDA	127	19.627.769	13
50-104B-20	LÍNEAS DE VIDA	76	16.244.969	8
TOTAL		835	176.641.998	84

Fuente. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL S.A.S. Indicadores de ventas de enero de 2013. Informe del área de mercadeo y ventas. Cali: EPI S.A.S.; 2014.

Anexo C. Ventas año 2013 Línea de Anclajes

Referencia	Línea-descripción	Unidades	Ventas (\$)	Promedio de unidades/mes
50-26A	ANCLAJES	238	31.484.694	24
50-27A	ANCLAJES	265	6.165.061	27
50-26A-1,20	ANCLAJES	171	3.686.807	17
50-29 (1,28Mts)	ANCLAJES	78	3.245.781	8
50-27-1,20	ANCLAJES	110	3.037.816	11
50-27-1,80	ANCLAJES	57	1.600.712	6
50-29 (1,80Mts)	ANCLAJES	34	1.497.121	3
50-26A-1,80	ANCLAJES	33	818.839	3
50-26R-1M	ANCLAJES	21	712.467	2
50-29	ANCLAJES	15	662.199	2
TOTAL		1022	52.911.497	103

Fuente. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL S.A.S. Indicadores de ventas de enero de 2013. Informe del área de mercadeo y ventas. Cali: EPI S.A.S.; 2014.

Anexo D. Materiales utilizados Referencia 50-23RA

REF.	MATERIA PRIMA	CANT. /UD	UD. DE MEDIDA	META	CANT. TOTAL	
50-23RA	BOLSO EN LONA MORRAL PARA ABSORCION	1	UD	1772 UND.	1772	UD
	BOLSA PARA ESLINGAS Y ANCLAJES	1	UD		1772	UD
	REATA VERDE EN POLIESTER	1,08	m		1914	m
	REATA AZUL EN POLIESTER	4,2	m		7442	m
	ARGOLLA OVALADA PARA ESLINGAS	1	UD		1772	UD
	ETIQUETA PARA ESLINGAS	1	UD		1772	UD
	GANCHO DOBLE SEGURO GRANDE	2	UD		3544	UD
	GANCHO DOBLE SEGURO PEQUEÑO	1	UD		1772	UD

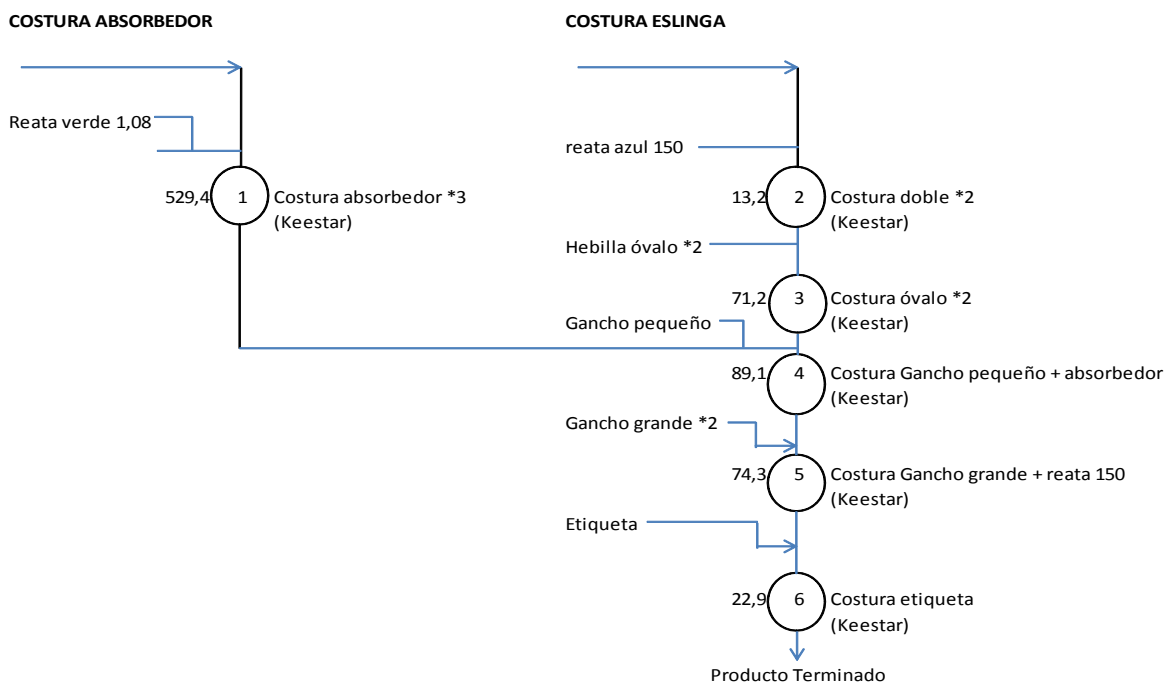
Anexo E. Materiales utilizados Referencia 50-26

REF.	MATERIA PRIMA	CANT. /UD	UD. DE MEDIDA	META	CANT. TOTAL	
50-26	BOLSA PARA ESLINGAS Y ANCLAJES	1	UD	206 UND.	206	UD
	REATA AZUL EN POLIESTER	0,95	M		195,7	m
	ARGOLLA D DORSAL	2	UD		412	UD
	ETIQUETA PARA ANCLAJES	1	UD		206	UD

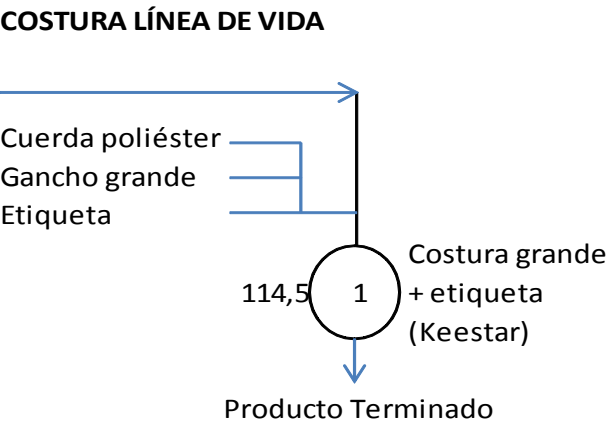
Anexo F. Materiales utilizados Referencia 50-104B

REF.	MATERIA PRIMA	CANT. /UD	UD. DE MEDIDA	META	CANT. TOTAL	
50-104B	CUERDA DE POLIÉSTER DE 16 MM	100.3	M	168 UND.	16850.4	m
	GANCHO DOBLE SEGURO GRANDE	1	UD		168	UD
	BUJES	1	UD		168	UD
	MANGUERA PARA CUERDA DE 16 MM	0.28	UD		47.04	m
	ETIQUETA EN SATÍN PARA LÍNEA DE VIDA	1	UD		168	UD
	CONTRAPESO PARA LÍNEA DE VIDA VERTICAL	1	UD		168	UD

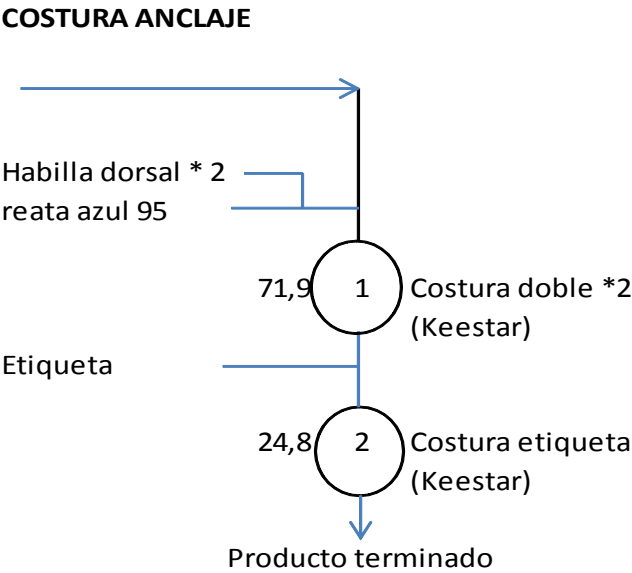
Anexo G. Cursograma sinóptico-Eslinga (Tiempo en segundos de cada operación)




Anexo H. Cursograma sinóptico - Línea de vida (Unidad de tempo: Segundos)




Anexo I. Cursograma sinóptico – Anclaje (Unidad de tiempo: Segundos)




Anexo J. Estudio de tiempos – Eslinga

 PROCESO DE PRODUCCIÓN			Código: PP-RE-004								Versión: 3		
			Fecha de elaboración: 14-10-2010										
			Fecha de modificación: Julio de 2014										
ESTUDIO DE TIEMPOS													
OPERACIONES DEL PROCESO DE FABRICACION DE: Eslinga 50-23RA													
FECHA DE INICIO: 11-08-2014					FECHA DE FINALIZACIÓN: 16-08-2014								
OBSERVADOR: Mario Cruz					TURNO: 7:00 a.m. - 5:00 p.m.								
Descripción	Operación	Factor de Ritmo (100%) en máquina automática	Proceso	1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio	TN (Seg.)
Costura absorbedor	A	Tiempo Observado (Alistamiento)		22,67	22,55	23,04	22,89	22,44	20,48	23,16	22,07	67,24	529,35
		Tiempo Observado (Costura)		119,41	119,54	119,26	119,24	119,95	119,54	119,65	119,97	358,71	
		Tiempo Observado (Pulido)		31,42	33,72	33,54	33,39	37,12	34,79	35,36	36,40	103,40	
Costura doble reata 150 Azul * 2	B	Tiempo Observado (Alist. + Costura)		8,93	8,84	8,63	8,74	8,40	9,74	10,58	9,17	9,13	13,22
		Tiempo Observado (Costura 2 + Pulido)		4,05	4,22	4,30	4,52	3,87	3,97	3,54	4,22	4,09	
Costura + Óvalo * 2	C	Tiempo Observado (Alistamiento)		12,72	11,25	12,37	11,52	12,54	12,24	14,58	12,84	12,51	71,21
		Tiempo Observado (Costura)		40,8	41,83	40,85	40,27	40,23	40,57	40,98	40,36	40,74	
		Tiempo Observado (Pulido)		18,26	18,62	18,94	17,78	18,40	16,54	18,00	17,20	17,97	
Costura 140 Gancho pequeño + Absorbedor	D	Tiempo Observado (Alistamiento)		33,03	31,46	32,02	31,46	30,86	33,52	32,10	32,79	32,16	89,10
		Tiempo Observado (Costura)		39,42	40,19	39,70	39,28	39,45	39,88	39,62	40,45	39,75	
		Tiempo Observado (Pulido)		17,68	16,46	16,72	16,74	18,40	16,97	15,84	18,74	17,19	
Costura 150 + gancho grande * 2	E	Tiempo Observado (Alistamiento)		19,06	19,17	18,66	19,41	18,34	19,87	15,48	16,53	18,32	74,30
		Tiempo Observado (Costura)		35,52	35,56	35,58	35,08	34,98	36,84	37,24	35,46	35,78	
		Tiempo Observado (Pulido)		20,16	18,70	20,98	20,14	20,04	19,87	20,46	21,26	20,20	
Costura etiqueta	F	Tiempo Observado (Alistamiento)		7,25	8,53	10,68	8,95	7,09	8,46	9,58	10,64	8,90	22,90
		Tiempo Observado (Costura)		4,01	4,55	3,90	3,85	4,88	3,54	3,87	3,29	3,99	
		Tiempo Observado (Pulido)		9,28	9,05	9,55	10,20	9,46	10,26	11,54	10,75	10,01	
TOTAL (Σ TN)												800,07	Seg.
TOTAL (Σ TN)												13,33	Min.
TOTAL (Σ TN)												0,22	Horas

Anexo K. Estudio de tiempos – Anclaje

 PROCESO DE PRODUCCIÓN														Código: PP-RE-004				Versión: 3					
														Fecha de elaboración: 14-10-2010									
														Fecha de modificación: Julio de 2014									
ESTUDIO DE TIEMPOS																							
OPERACIONES DEL PROCESO DE FABRICACION DE: Anclaje 50-26A																							
FECHA DE INICIO: 11-08-2014										FECHA DE FINALIZACIÓN: 16-08-2014													
OBSERVADOR: Mario Cruz										TURNO: 7:00 a.m. - 5:00 p.m.													
ACTIVIDAD		No.								1	2	3	4	5	6	7							
Cuadro + Argolla D dorsal * 2		A		Tiempo Observado (Alistamiento)						20,57	20,54	21,65	20,89	20,63	19,46	19,87							
				Tiempo Observado (Costura)						34,54	34,28	35,12	34,89	35,64	35,28	35,27							
				Tiempo Observado (Pulido)						15,20	16,84	16,52	16,39	16,84	16,62	15,82							
Costura etiqueta		B		Tiempo Observado (Alistamiento)						9,45	8,68	9,87	9,16	9,25	9,56	9,64							
				Tiempo Observado (Costura)						5,05	4,84	4,28	4,95	4,78	4,58	4,28							
				Tiempo Observado (Pulido)						10,5	11,5	9,87	10,5	11,5	10,8	11,5							
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Promedio (Seg.)		TN								
20,64	20,84	22,14	19,87	20,88	21,64	19,44	19,25	20,41	18,30	20,26	21,93	21,13	20,52		71,95								
34,88	34,79	34,52	34,42	34,97	34,28	35,06	34,71	35,12	34,84	34,76	35,18	34,98	34,88										
17,46	17,84	15,92	16,34	15,28	16,98	16,28	18,34	15,48	16,20	17,90	16,40	16,38	16,55										
9,37	9,22	8,75	9,61	9,23	8,97	7,02	9,48	9,52	9,64	10,05	9,85	9,24	9,28		24,80								
4,95	4,76	5,16	4,87	4,68	4,88	4,64	4,78	5,21	5,63	5,20	4,86	4,90	4,86										
9,08	10,8	12,1	10,5	11,8	11,7	10,5	11,8	9,85	9,80	9,42	10,13	9,58	10,66										
TOTAL (Σ TN)												96,75		Seg.									
TOTAL (Σ TN)												1,61		Min.									
TOTAL (Σ TN)												0,03		Horas									

Anexo L. Estudio de tiempos – Línea de vida

 E.P.I. PROCESO DE PRODUCCIÓN										Código: PP-RE-004					Versión: 3				
										Fecha de elaboración: 14-10-2010									
										Fecha de modificación: Julio de 2014									
ESTUDIO DE TIEMPOS																			
OPERACIONES DEL PROCESO DE FABRICACION DE: Línea de vida 50-104B																			
FECHA DE INICIO: 11-08-2014										FECHA DE FINALIZACIÓN: 16-08-2014									
OBSERVADOR: Mario Cruz										TURNO: 7:00 a.m. - 5:00 p.m.									
ACTIVIDAD		No.								1	2	3	4	5	6	7			
Gancho + Costura etiqueta		A		Tiempo Observado (Alistamiento)						35,42	40,02	35,99	37,64	36,81	37,45	36,72			
				Tiempo Observado (Costura)						39,02	39,55	39,60	39,34	39,29	39,46	39,76			
				Tiempo Observado (Pulido)						36,75	38,25	34,86	39,08	39,24	37,45	34,82			
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Promedio (Seg.)		TN				
36,12	35,48	38,24	36,41	36,97	36,43	36,84	37,20	37,94	38,38	38,2537	37,84	36,42	37,07		114,52				
39,45	39,15	39,87	39,75	40,01	39,80	39,74	39,96	39,24	39,54	39,38	40,12	39,87	39,60						
39,64	37,52	38,81	36,00	37,45	36,83	37,59	39,81	39,55	36,79	38,54	39,46	38,74	37,86						
TOTAL (Σ TN)													114,52		Seg.				
TOTAL (Σ TN)													1,91		Min.				
TOTAL (Σ TN)													0,03		Horas				

Anexo M. Propuesta ampliada distribución de planta CINAR

